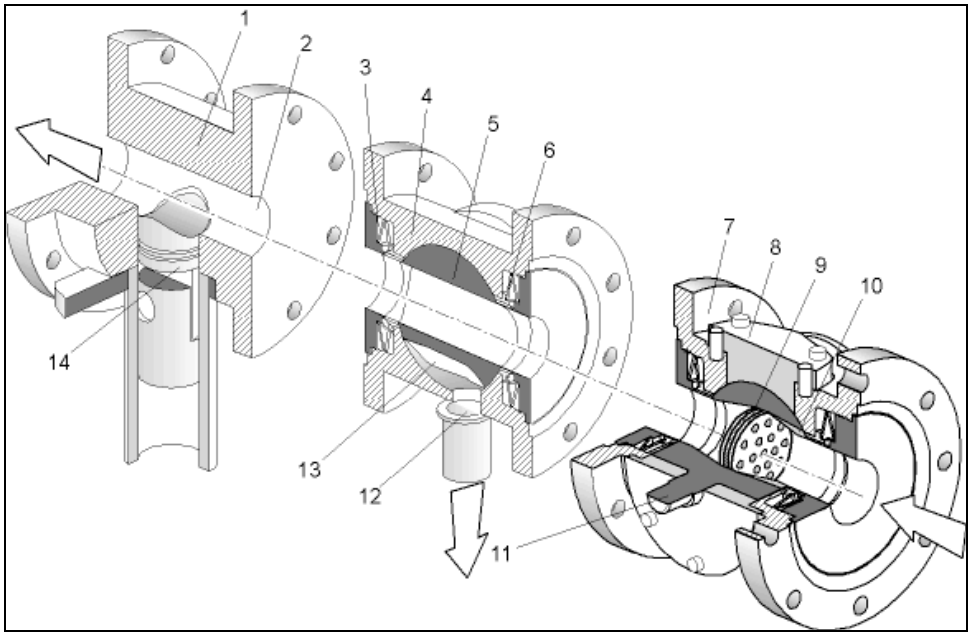
Fachhochschule Gelsenkirchen

Zürcher Hochschule Winterthur

Zertifikatslehrgang
Technical Writing/Technische Dokumentation
2005/2006

Visualisierung: Bilder in der technischen Kommunikation

Prof. Dipl.-Psych. St.-P. Ballstaedt



Inhaltsverzeichnis

1. Typen von Bildern

2. Visuelle Darstellungskonventionen

3. Mentale Verarbeitung und Verständlichkeit von Bildern

4. Abbilden von Handlungen

5. Text-Bild-Kombinationen

6. Digitale Bilder und multimediale Dokumentation

7. Bewegtbilder, Animationen

8. Checkliste zur Evaluation von Text-Bild-Kombinationen

8. Quellen: Literatur, URLs

Lernziele

Nach Bearbeiten dieser Kursunterlagen werden Sie Antworten auf folgende Fragen geben können:

- ✓ **Welche Bildtypen lassen sich in der Technischen Dokumentation unterscheiden?**
- ✓ **Für welche Inhalte und didaktischen Funktionen sind die verschiedenen Bildtypen geeignet?**
- ✓ **Wie kann ein Bild verständlich und didaktisch effektiv gestaltet werden?**
- ✓ **Welche speziellen Probleme ergeben sich bei der bildlichen Darstellung von Handlungen?**
- ✓ **Wie lassen sich Text und Bild inhaltlich so aufeinander beziehen, dass sie integrativ verarbeitet werden?**
- ✓ **Wie lassen sich interaktive und animierte Bilder effektiv in multimedialer Dokumentation nutzen?**

1 Typen von Bildern

Die Bezeichnungen für nichtsprachliche Darstellungsformen werden sehr uneinheitlich gebraucht: Was ein Bild, eine Visualisierung, ein Diagramm, ein Schaubild, ein Schema, eine Grafik, eine Illustration sind, das legt jeder Autor bzw. jede Autorin nach eigenem Gusto fest. Deshalb sind zunächst einige terminologische Festlegungen notwendig.

Unter einem *Bild* verstehen wir die nichtsprachlichen Formen der visuellen Kommunikation. Das Bild ist also eine sehr weiter Begriff, der zahlreiche Unterbegriffe umfasst. Die Einteilung im Bild 1 zeigt eine hierarchische Auflistung von Bildtypen, für die jeweils gilt:

- Jeder Bildtyp dient bestimmten kommunikativen Basisfunktionen.
- Jeder Bildtyp stellt bestimmte Anforderungen der Wahrnehmung und mentalen Verarbeitung.

Als *Visualisierung* bezeichnen wir diejenigen Bilder, die Strukturen und Prozesse sichtbar machen, die eigentlich für die Augen unzugänglich sind. Dazu gehören vor allem Charts und Diagramme, aber auch Karten. Damit wird die Kernbedeutung „Veranschaulichung“ beibehalten: Visualisieren heisst etwas nicht Sichtbares sichtbar machen.

Bilder = nichtsprachliche visuelle Darstellungsformen

- **Nichtrepräsentationale Bilder**
  - abstrakte Bilder
  - Ornamente
- **Abbilder = repräsentationale Bilder**
  - Realbilder
    - Fotos
    - Realistische Zeichnungen
    - Gemälde
  - Texturierte Abbilder
  - Linienbilder = Strichzeichnung
  - Umrißbilder
  - Schemabilder
- **Charts = analytische Bilder**
  - Tabellarische Charts = Kategoriale Tabellen
  - Zeitcharts
  - Prozeßcharts = Flowchcharts
  - Organisationscharts
    - Organogramme
  - Netzwerke
    - Mind Maps
    - Concept Maps
    - Semantische Netzwerke
  - Fachspezifische Varianten
- **Diagramme**
  - Kreisdiagramme
  - Balkendiagramme
  - Säulendiagramme
  - Liniendiagramme
  - Streudiagramme = Punktdiagramme
  - Fachspezifische Varianten
- **Piktogramme = Icons**
  - Abbildende = ikonische Piktogramme
  - Symbolische Piktogramme
- **Karten**
  - Physische Karten
  - Thematische Karten
- **Komplexe Bilder = Hybride**
  - Isotypen
  - Infografiken

Bild 1: Hierarchisierter Überblick zu den verschiedenen Typen von Bildern. Ausführliche Erläuterungen im Text.

1.1 Nichtrepräsentationale Bilder

Hierzu zählen alle Bilder, die nichts abbilden, sondern nur ein ästhetisches Erlebnis vermitteln. Dazu gehören grafische Elemente, Ornamente oder abstrakte Bilder.

Kommunikative Funktion. Nichtrepräsentationale Bilder vermitteln ein ästhetisches Erlebnis und können für den ersten Eindruck entscheidend sein. Beispiel: Gestaltung eines Firmenlogos.

Mentale Anforderung. Nichtrepräsentationale Bilder sind in dem Sinne anspruchslos, dass sie keine interpretativen Anstrengungen erfordern. Sie können aber Anlass zur Projektion von Bedeutungen werden: Der oder die Betrachtende sieht etwas in ein Bild hinein.

In der TD spielen sie keine besondere Rolle, können aber auf einer Website oder in Print-Material als schmückendes Beiwerk zum Corporate Design beitragen.

1.2 Abbilder = repräsentationale Bilder

Wahrnehmungspsychologisch ist ein Abbild eine behandelte Oberfläche, die eine Anordnung von Lichtstrahlen ähnlich wie das natürliche Original reflektiert. Dabei ist unwichtig, ob die Oberfläche durch Belichtung fotosensitiver Schichten, durch Farbauftrag mit einem Pinsel oder durch ein Computerprogramm auf den Monitor zustande kommt.

Kommunikative Funktion. Technische Abbilder gehören zu den informierenden oder didaktischen Bildern, die vorrangig Wissen und Können vermitteln (Weidenmann, 1994). Sie sind ein Realitätsersatz für Gegenstände, Lebewesen oder Szenen und vermitteln Wissen über visuelle Merkmale (Form, Farbe, Textur) und räumliche Anordnungen. Derartiges visuelles Wissen ist sprachlich nur umständlich und oft nicht eindeutig kommunizierbar. Sie ersetzen aber auch den Experten, der zeigt, beschreibt und erklärt (Scholz, 2001).

Mentale Anforderung. Die Verarbeitung und das Verstehen von Abbildern wird oft unterschätzt. Abbilder müssen detailliert ausgewertet und auf zwei Ebenen verstanden werden (dazu Abschnitt 2.3).

- Inhaltliches Verstehen: Was ist abgebildet?
- Indikatorisches Verstehen: Warum wird es abgebildet?

Der effektive Umgang mit Abbildern ist nicht selbstverständlich, sondern muss teilweise eingeübt werden (visual Literacy).

Man kann Typen von Abbildern abnehmender Konkretheit unterscheiden, die zusätzlich zu den kommunikativen Basisfunktionen spezielle Stärken haben.

Realbilder. Dazu gehören Fotos, aber auch realistische Zeichnungen und Gemälde, die einen Realitätsausschnitt von einem festen Standort und aus einer Perspektive abbilden. Realbilder sind am konkretesten und

detailreichsten. Sie konservieren Wahrnehmungen, sind also für die Betrachtenden Second-hand-Erfahrungen.

Texturierte Abbilder. Sie sind fotoähnlich, aber detailärmer. Oberflächeneigenschaften und Beleuchtung sind zur Steigerung des räumlichen Eindrucks hervorgehoben. Sie sind besonders für die Darstellung organischer Gebilde geeignet. Im technischen Bereich werden sie wichtig, wenn es um texturierte Oberflächen geht.

Linienbilder. Sie werden gewöhnlich Strichzeichnungen genannt. Diese Abbilder reduzieren die Realität auf Ecken, Kanten und andere Diskontinuitäten. Sie bieten den Augen eine Diät aus Linien, die allerdings zentrale Invarianten der Wahrnehmung konserviert. Strichzeichnungen haben sich für viele Lernziele als sehr effektiv erwiesen, da sie die didaktische Reduktion auf das Wesentliche ermöglichen.

Umrißbilder. Sie reduzieren noch weiter und zeigen nur die Silhouette eines Gegenstandes. Man findet sie in der TD nur auf Gefahren-Piktogrammen.

Schematische Bilder. Hier sind nur noch typische visuelle und räumliche Merkmale repräsentiert, die bis zur Karikatur überzeichnet sein können. Hierzu zählen Schaltpläne oder *schematisierte* Karten. Sie ermöglichen dem Experten eine schnelle Orientierung.

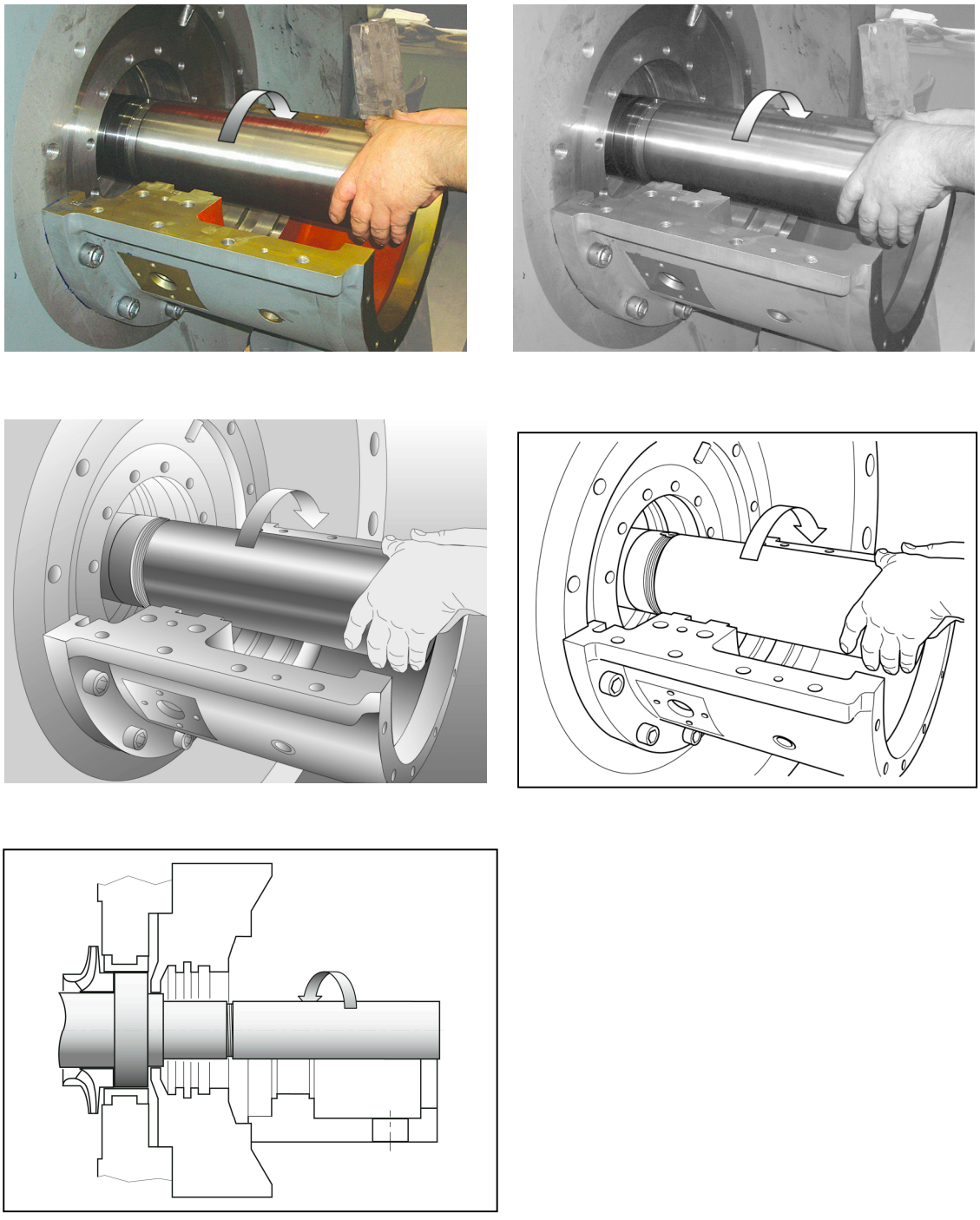


Bild 2: Fünf Typen von Abbildern eines Objektes: Farbfoto, Schwarz-weiß-Foto, Texturbild, Strichbild, Schemabild (aus Studeny, 2005)

1.3 Charts = analytische Bilder

Charts sind echte Visualisierungen, die begriffliche und damit mentale Zusammenhänge veranschaulichen und kommunizieren.

Kommunikative Funktion. Diese Klasse von Bildern repräsentiert qualitative Zusammenhänge zwischen Kategorien oder Begriffen in räumlichen Anordnungen. Ihre Funktion besteht in einer anschaulichen Reduktion von Zusammenhängen: Umfangreiche Charts ermöglichen die Orientierung in komplexen Bedingungsgefügen, einfache Charts (bis zu sieben Einheiten) erleichtern die Einprägung. Beispiele: Outline-Charts dienen als grafische Form der Zusammenfassung; grafische Browser sind Hilfsmittel der Navigation in komplexen Hypertextstrukturen.

Mentale Anforderung. Das Verstehen von Charts setzt voraus, dass räumliche Anordnungen in konzeptuelle Zusammenhänge übersetzt werden können (z. B. Ursache-Wirkung oder Überordnung-Unterordnung). Man kann davon ausgehen, dass ein Chart einfacher zu verstehen ist als ein informationsadäquater Text: Beim Lesen müssen die begrifflichen Zusammenhänge erst durch eine syntaktische Analyse ermittelt werden, beim Anschauen eines Chart lassen sich die Zusammenhänge direkt ablesen, sie springen sozusagen ins Auge.

In etlichen wissenschaftlichen Disziplinen ist eine „Boxologie“ beliebt, die mit Kästen und Pfeilen Modelle bastelt, in denen theoretische Zusammenhänge veranschaulicht sind. Folgende Grundtypen von Charts lassen sich unterscheiden

Kategoriale Tabellen (= Word Table). In einer qualitativen Tabelle wiederholen sich die inhaltlichen Beziehungen zwischen Kategorien, so dass sie durch Zuordnungen in Spalten und Zeilen darstellbar sind (vgl. eine relationale Datenbank). Eine Tabelle repräsentiert Informationen übersichtlicher und einfacher zugreifbar als ein ausformulierter Text.

Zeitcharts. An eine Zeitachse werden Ereignisse angetragen. Dies kann retrospektiv geschehen, wie z. B. bei biografischen oder historischen Daten, oder prospektiv als Planung, z. B. beim Projektmanagement in Time-and-activity-charts, in denen Tätigkeiten bestimmten Zeiträumen zugeordnet sind.

Prozeßcharts (= Flowcharts). Diese Visualisierung wurde in der Informatik zur Darstellung von Programmabläufen entwickelt, dann aber auf Abläufe und Prozesse verschiedenster Art ausgedehnt. Flowcharts repräsentieren prozedurales Wissen als Abfolge von motorischen oder mentalen Handlungen und Entscheidungen. Die Gestaltung von Flowcharts ist in der TD standardisiert (DIN 66001).

Organisationscharts. Diese Charts stammen aus der Soziologie und Organisationspsychologie und repräsentieren Beziehungsgeflechte zwischen Personen oder Gruppen. Als *Organogramme* visualisieren sie die Struktur von Organisationen mit ihren Abteilungen, Zuständigkeiten und Geschäftsgängen.

Begriffsnetze. Sie stammen aus der Artificial-Intelligence-Forschung und repräsentieren begriffliches Wissen in mehr oder weniger differenzierter Form: Von den assoziativen *Mind Maps* über die strengen *Concept Maps* bis zu exakten *Semantischen Netzen*. Es gibt unzählige fachspezifische Varianten von Charts.

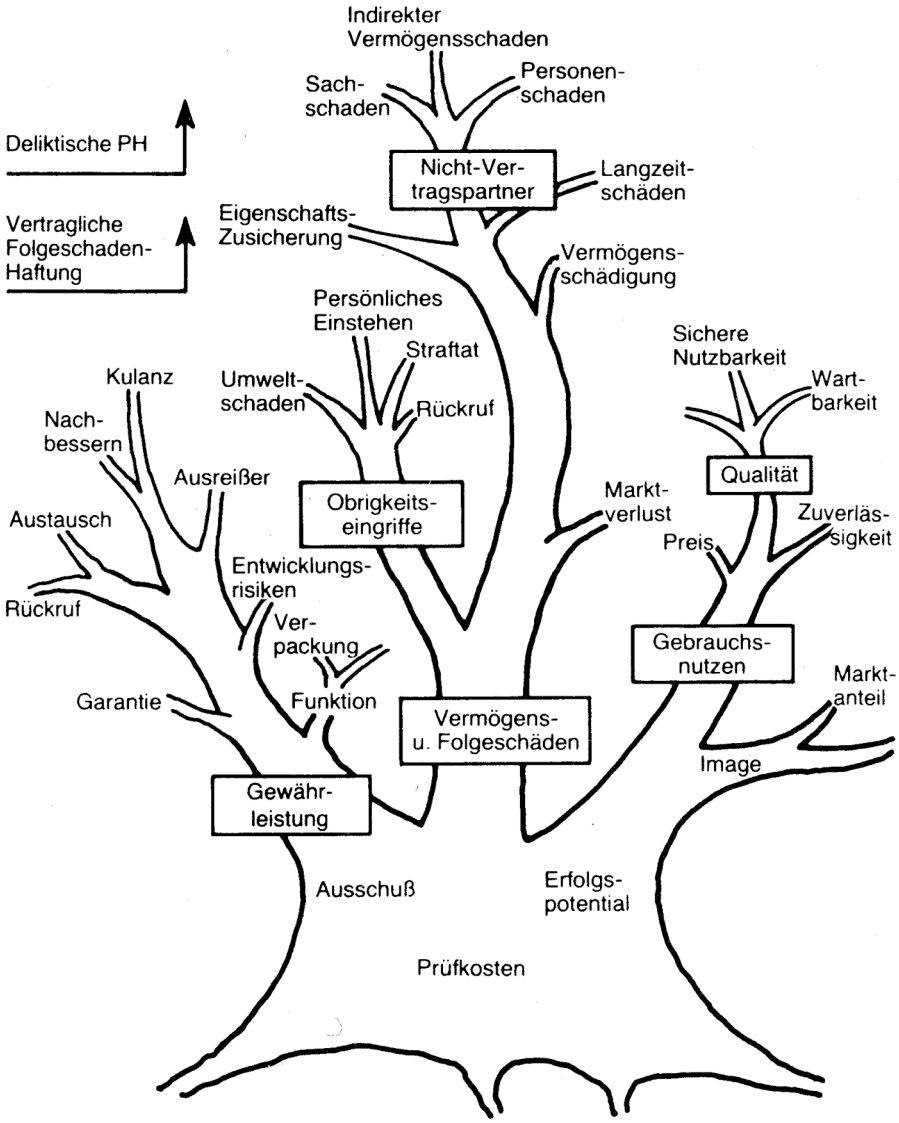


Bild 3: Dieses Chart zur Produkthaftung erinnert daran, dass der Stammbaum eine Urform des Chart darstellt (aus E. Brendl (Hg.), Produkt- und Produzentenhaftung. Handbuch für Produkt-Sicherheits-Controlling. Freiburg/Br.: Haufe).

1.4 Diagramme

Auch Diagramme sind echte Visualisierungen, sie veranschaulichen aber nicht qualitative, sondern quantitative Zusammenhänge in der Realität.

Kommunikative Funktion. Diagramme vermitteln quantitative Beziehungen zwischen Daten. Dieselben Informationen sind auch in

Tabellen dargestellbar, aber aus ihnen sind Zusammenhänge und Trends nur schwer zu entnehmen. In Diagrammen bleiben die exakten Werte ablesbar, gleichzeitig sind grobe visuelle Vergleiche schnell und sicher möglich (Zelazny, 1986).

Mentale Anforderung. Diagramme sind grafische Konventionalisierungen, die gelernt werden müssen. Untersuchungen (auch PISA) haben immer wieder gezeigt, dass die Informationsentnahme selbst aus einfachen Diagrammen von vielen Personen nicht beherrscht wird.

Es gibt eine unüberschaubare Anzahl verschiedener Diagramme. Zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen haben eigene Formen hervorgebracht. Hier nur eine Aufzählung der häufigsten Typen:

Kreisdiagramme. Sie eignen sich zur Darstellung von Anteilen einzelner Komponenten an einer Gesamtheit (Strukturvergleich). Beispiele: Marktanteile mehrerer Unternehmen; Sitzverteilung von Parteien im Parlament.

Balkendiagramme. Horizontale Balken eigen sich besonders zur Darstellung einer Rangfolge (Rangfolgenvergleich). Beispiele: Krankheitsraten in verschiedenen Abteilungen einer Firma; Grundstückpreise in verschiedenen Städten.

Säulendiagramme. Sie visualisieren als *Histogramm* Häufigkeitverteilungen, als *Zeitreihe* Veränderungen. Beispiel: Anzahl der Aids-Fälle in verschiedenen Ländern; Verlauf der Arbeitslosenquote. Es gibt zahlreiche Varianten, z.B. gestapelte oder gruppierte Säulendiagramme.

Linien- oder Kurvendiagramme. Sie sind eine Weiterentwicklung des Säulendiagramms, wenn bei einer Zeitreihe mit vielen Meßpunkten Verläufe veranschaulicht werden sollen. Es gibt wieder zahlreiche Varianten: Flächendiagramme, Spaghetti-Diagramme, Doppelskalen-Diagramme.

Streudiagramme. Sie stellen den Zusammenhang - statistisch die Korrelation - zwischen zwei Variablen dar. Ein Zusammenhang ist gegegeben, wenn sich Punkte um eine Linie oder Kurve gruppieren.

Diagramme sind eine Darstellungsform, bei der häufig visuelle Manipulationen zu beobachten sind: Die Daten sind zwar nummerisch korrekt, aber die Visualisierung schwächt oder verstärkt bestimmte Aussagen. Dazu gibt es eine Reihe von Tricks wie Verzerrung der Skalen, Perspektive, 3-D-Darstellung usw. (dazu Krämer, 1997).

1.5 Piktogramme = Icons

Piktogramme und ihre elektronischen Schwestern, die Icons, stellen eine Übergangsform vom Bild zur Schrift dar. Unter einem Piktogramm versteht man ein einfaches, schematisiertes Bildchen.

Kommunikative Funktion. Das Piktogramm soll sprachfrei und möglichst auch kulturfrei eine einfache Botschaft übermitteln, die eine Handlung

auslöst oder unterdrückt. Das Piktogramm entspricht sprachlich einem Hinweis oder Befehl.

Kognitive Anforderung. Das Piktogramm soll auf einen Blick ein Konzept aktivieren oder eine Handlung auslösen. Dies gelingt nur, wenn es sofort erkannt und über seine Bedeutung nicht nachgedacht werden muss. Da es klein ist und in die Fovea centralis der Netzhaut fällt, ist keine Durchmusterung mit den Augen notwendig.

Piktogramme können aus zwei verschiedenen Zeichen bestehen, oft kombinieren sie beide:

Abbildende (ikonische) Piktogramme. Sie stellen schematisierte , d.h. auf wesentliche visuelle Merkmale reduzierte Abbilder dar. Beispiel: Das schleudernde Auto auf einem Verkehrszeichen.

Symbolische Piktogramme. Willkürliche visuelle Symbole, die innerhalb einer Kultur gelernt werden müssen.

Bild 4: Links ein ikonisches Piktogramm (Umweltgefährdung), rechts ein symbolisches Piktogramm (Biologisch gefährliches Material). Man beachte, dass das ikonische Piktogramm wahrscheinlich nicht auf den ersten Blick, sondern erst durch Interpretieren verständlich ist.

In der TD sind Piktogramme als Warnzeichen verbreitet, die eine Handlung verhindern oder auslösen sollen.

1.6 Karten

Karten können als Kombination von Abbild und Visualisierung gesehen werden. Sie stellen ein Abbild von hoch oben dar, das zusätzlich nicht sichtbare symbolisierte Informationen enthält.

Kommunikative Funktion. Eine Karte dient der räumlichen und topologischen Orientierung. Jeder wird eine Skizze anfertigen, wenn ihn jemand nach dem Weg frägt, um umständliche sprachliche Beschreibungen zu vermeiden.

Kognitive Anforderung. Das „Lesen“ von Karten erfordert eigene Skills, da eine mentale Landkarte (mental Map) aufgebaut werden muss, die unsere Orientierung dann anleitet. Das Lesen von Karten erfordert eine eigene Map Literacy.

Die Kartografie ist in Verbindung mit der Geometrie eine eigene wissenschaftliche Disziplin. Wir wollen hier nur zwei Typen von Karten unterscheiden:

Physische Karten. Zweidimensionale Projektionen der Erdoberfläche zur Repräsentation topologischen Wissens.

Thematische Karten. Darstellung zusätzlicher Informationen in symbolischer Form. Beispiel: Verschiedene Farben für mittlere Jahrestemperaturen.

In der TD spielen Karten nur in einigen speziellen Bereichen eine Rolle, z.B. bei der Verlegung von Leitungen, beim Straßen- und Bahnbau.

1.7 Isotypen

Die Isotypen wie die Infografiken im nächsten Abschnitt sind komplexe Bilder oder Mischformen (= Hybride), die verschiedene Darstellungsformen kombinieren.

Das **I**nternational **S**ystem **o**f **T**ypografic **P**icture **E**ducation stellt eine spezielle Art der Visualisierung statistischer Befunde dar (Müller, 1991). Es handelt sich um eine Variante eines Diagramms, die mit Piktogrammen arbeitet. Die Prinzipien:

1. Für eine bestimmte Quantität einer Variablen wird ein Piktogramm eingeführt.

2. Die Häufigkeit wird durch die Anzahl von Piktogrammen angezeigt (Vielfachprinzip).

3. Jede überflüssige Information wird vermieden, z.B. keine Perspektive, keine 3-D-Darstellung.

4. Die Anordnung soll auf den ersten Blick ein *visuelles Argument* vermitteln.

Kommunikative Funktion. Die Isotype hat eine ausdrückliche pädagogische Zielsetzung: Sie soll auch Personen eine Botschaft vermitteln, die sonst mit Zahlen und Statistiken wenig anfangen können.

Kognitive Anforderung. Die Isotype versucht, die geistigen Anforderungen möglichst gering zu halten. Die grafische Gestaltung soll derart sein, dass die Botschaft sofort ins Auge springt.

Die Isotype ist eine Darstellungsform, die sich für den Bildschirm sehr gut eignet und deshalb derzeit eine gewisse Renaissance erfährt. In der technischen Dokumentation muss sie erst noch für bestimmte Zielgruppen entdeckt werden.

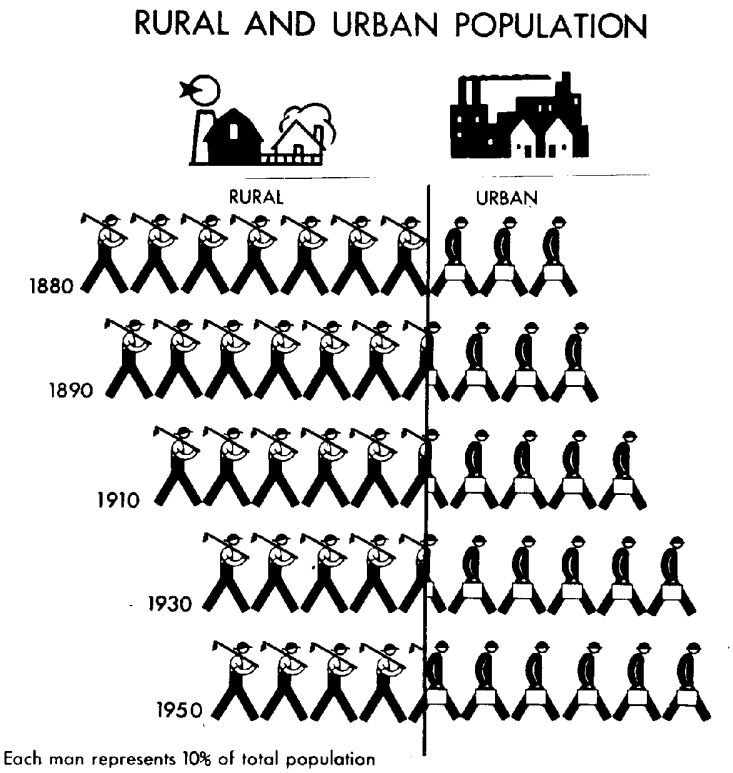


Bild 5: Isotypendiagramm, in dem die Landflucht eindrücklich visualisiert ist. Das visuelle Argument ist auf den ersten Blick ersichtlich.

1.8 Infografiken

Auch die Infografik ist eine recht neue Darstellungsform. Sie wurde für journalistische Printmedien entwickelt, um die kommunikativen Möglichkeiten der elektronischen Medien auch dort zu nutzen. Es handelt sich um Text-Bild-Kombinationen, in der sprachliche und nicht-sprachliche Informationen eng miteinander verzahnt sind. Infografiken sollen als Textersatz eigenständige Wissenseinheiten bilden, die meist Bedingungsgefüge oder statistische Befunde präsentieren.

Kommunikative Funktion. Die Infografik soll durch eine Mischung von Sprachhäppchen und Clipart-Bildchen die Motivation zur Auswertung steigern und damit auch komplexe Zusammenhänge zugänglich machen.

Kognitive Anforderung. Infografiken sollen das Lesen komplexer Texte ersparen und eine einfachere Darstellung anbieten. Die Bildchen sind als mnemotechnische Hilfe gedacht. Nach ersten Untersuchungen zur kognitiven Verarbeitung von Infografiken muss bezweifelt werden, ob diese komplexe Darstellungsform erfüllt, was sich die Infografiker/innen davon versprechen. Wer eine Infografik vor sich hat, der weiss oft nicht, wo mit der Auswertung beginnen und welche Abfolge er wählen soll.

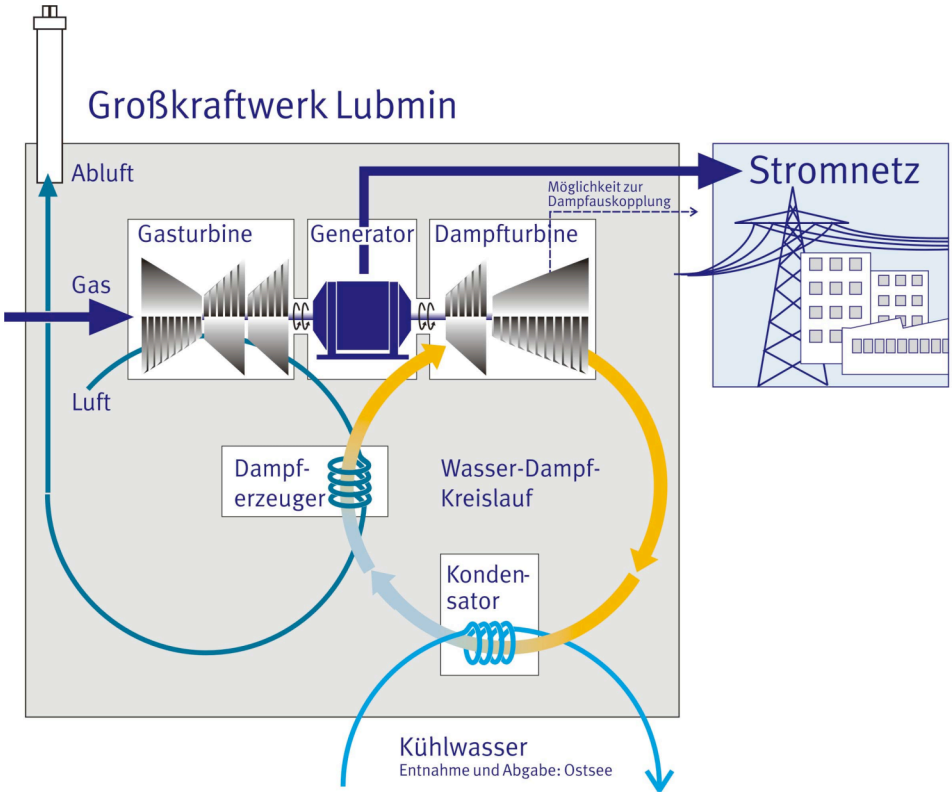


Bild 6: Eine Infografik, die Abläufe in einem Kraftwerk visualisiert. Die Darstellung benutzt piktogrammartige Bildchen und Beschriftungen. Kreisläufe sind durch Kreise visualisiert, die Farben haben unterscheidende Bedeutung (mit freundlicher Genehmigung von Angela Jansen).

In die TD hat die Infografik bereits Einzug gehalten, vor allem wenn es um die popularisierte Vermittlung von technischem Wissen geht.

2 Visuelle Darstellungskonventionen

Unter einer Darstellungskonvention verstehen wir eine Übereinkunft zur bildlichen Darstellung von Inhalten, die eigentlich nicht abbildbar sind. Beispiele kennen wir aus dem Comic, wo Bewegung durch Linien, Sprechen und Denken durch spezifische Blasen dargestellt sind. Darstellungskonventionen sollen das Verstehen von Inhalten absichern, die im bildlichen Kode nur mißverständlich darstellbar sind. Bernd Weidenmann (1994) spricht von *piktorialen Steuerungscodes*. Sie sollen die Verarbeitung des Bildes lenken, und zwar durch bildliche Mittel. Das ist ein schwieriges Unterfangen. Die Sprache kann selbstbezüglich verwendet werden: „Was Sie eben gelesen haben, ist so oder so zu verstehen." oder „Achten Sie besonders auf...". In Bildern sind derartige Aussagen nicht machbar. Die Möglichkeiten rein bildlicher Steuerung teilen wir in drei Gruppen ein:

Visuelle Zeichen, welche die Verarbeitung und das Verstehen beeinflussen sollen. Dazu gehören in der TD Bezugslinien, Pfeile und andere Symbole. Schon bei den Hieroglyphen gab es Determinative, das sind Zeichen, welche die Interpretation eines anderen Zeichens festlegten.

Grafische Hervorhebungen, welche die Aufmerksamkeit auf bestimmte Details lenken sollen. Dazu zählen Überzeichnung, Einfärbung, Ausschnittvergrößerung (Lupe). Diese Konventionen erfüllen die Funktion des Zeigens: Auf was man sonst mit Hand und Finger verweist, das wird im Bild hervorgehoben.

Kompositorische Mittel wie die verschiedenen Arten der Perspektive, Explosionszeichnung, Phantombilder, Schnittbilder, Aufrisse, Gegenüberstellung zum visuellen Vergleich (vorher – nachher; richtig – falsch).

Alle bildlichen Konventionen entstehen in der kulturellen Evolution und müssen gelernt werden. Visualisierungen verwenden ebenfalls Konventionen, um quantitative oder qualitative Informationen darzustellen. Beispiele: das Cartesische Achsenkreuz, die grafischen Festlegungen beim Flowchart oder Höhenlinien in Karten.

2.1 Bezugszeichen

Hierzu zählen *Positionsziffern* oder *–buchstaben*, die Text und Bild aufeinander beziehen, und *Hinweislinien*, an denen das Auge entlangwandern kann. Sie sind meist mit Maßen oder Beschriftungen versehen (Maß- oder Beschriftungshinweislinie).

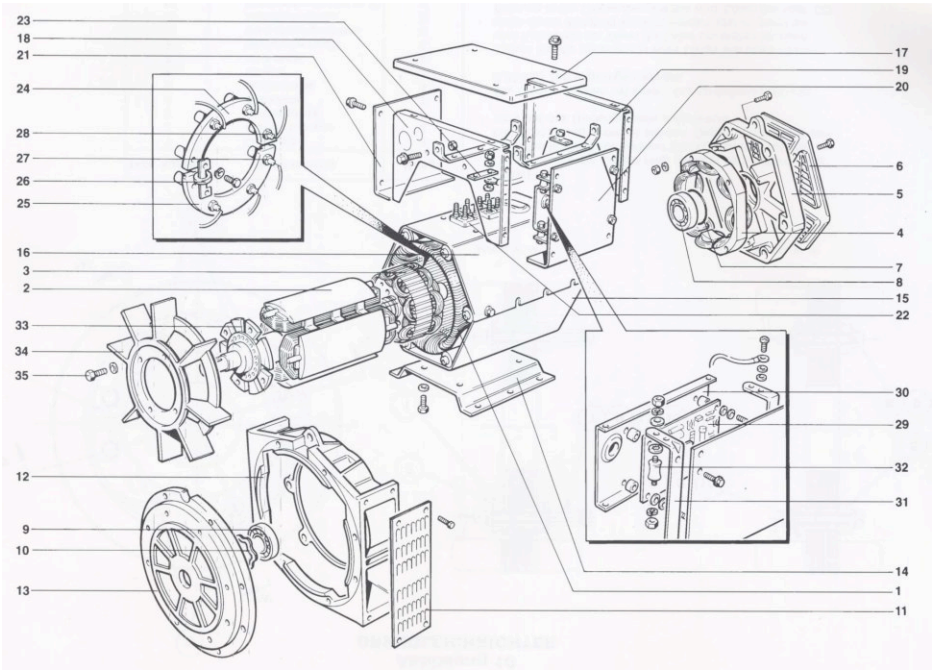


Bild 7: Explosionszeichnung mit Positionsziffern und Bezugslinien. Die Bezugslinien sind abgewinkelt und passen sich so gut in das Format ein. Ihre optisch erkennbare Gruppierung ist jedoch nicht inhaltlich bestimmt. Die Positionsziffern sind – wie oft in technischen Abbildern – zu mickrig geraten.

Ein Nachteil von Positionsziffern ist offensichtlich: Um Text und Bild integrativ zu verarbeiten, ist man gezwungen, mit den Augen andauernd aus dem Text in das Bild springen, und aus dem Bild wieder zurück in den Text. Dabei muss man die zueinandergehörigen Informationen oft suchen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass sich in die Abbildung integrierte Beschriftungen als effektiver erwiesen haben als die räumliche Trennung von sprachlichen und bildlichen Informationen (Sweller 1999).

Dieser Nachteil wird durch *Hinweis*- oder *Referenzlinien* abgeschwächt, bei denen die Zeichen und Beschriftungen an das Ende geschrieben sind. Dies stellt einerseits das Bild frei, aber rückt die zusammengehörigen Informationen auseinander. Die Augen müssen die Hinweislinien entlang wandern, um bildliche und alpha-numerische Informationen zuzuordnen. Hinweislinien sind eine verbreitete Konvention in der technischen Kommunikation. Es gibt folgende Richtlinien zur Gestaltung von Bezugszeichen (DIN 406 T 2):

Länge: Die Hinweislinien sind so kurz als möglich zuhalten.

Erkennbarkeit. Bezugszeichen und Hinweislinien dürfen optisch nicht beeinträchtigt sein. Hinweislinien sollen bei kleinen Details die Außenkanten berühren und nach Möglichkeit die Konturen von anderen Teilen nicht durchschneiden oder berühren. Die Laufrichtung kann deshalb auch schräg oder abgeknickt sein.

Anordnung. Hinweislinien möglichst gruppieren, um zusammengehörige Details visuell zu kennzeichnen.

Konsistenz. Bezugszeichen und Beschriftungen in der Zeichnung und in der Beschreibung müssen übereinstimmen.

2.2 Perspektive

Machen wird es vielleicht wundern, dass die Perspektive unter die Darstellungskonventionen subsumiert wird und tatsächlich ist der Stellenwert der Perspektive umstritten.

1. Einmal sieht man in der *Zentralperspektive* einen Endpunkt in dem Bemühen, die dreidimensionale Realität möglichst korrekt auf einer zweidimensionalen Fläche abzubilden. Die Zentralperspektive gilt als die „naturgetreuste“ Form der Abbildung, die in der Renaissance von Künstlern und Wissenschaftlern zur Blüte gebracht wurde.

2. Aber von einigen Kunsttheoretikern wird die Perspektive als eine Konvention der räumlichen Darstellung unter anderen angesehen. Das 3-D-Problem lässt sich auch mit anderen Mitteln angehen, z.B. der *Luftperspektive* für große Räume (in asiatischen Gemälden) oder dem *Chiaroscuro* für Gegenstände (in Zeichnungen der Renaissance). Auch gibt es nicht nur eine Form der Perspektive, sondern mehrere, z.B. die Eckperspektive mit zwei Fluchtpunkten oder die Parallelperspektive oder axonometrische Perspektiven, bei der die beiden Fluchtpunkte im Unendlichen liegen. So behauptet zum Beispiel Nelson Goodman (1995, 25), dass das Verstehen perspektivisch gemalter Bilder gelernt werden muss. Der Kunsthistoriker Erwin Panofsky hat einen Aufsatz mit dem Titel „ Die Perspektive als symbolische Form“ geschrieben.

In der technischen Kommunikation ist die Linearperspektive tatsächlich nicht immer die beste Darstellung, denn sie hat einen großen Nachteil, wenn es um Konstruktion geht: die Verkürzung bzw. Verzerrung.

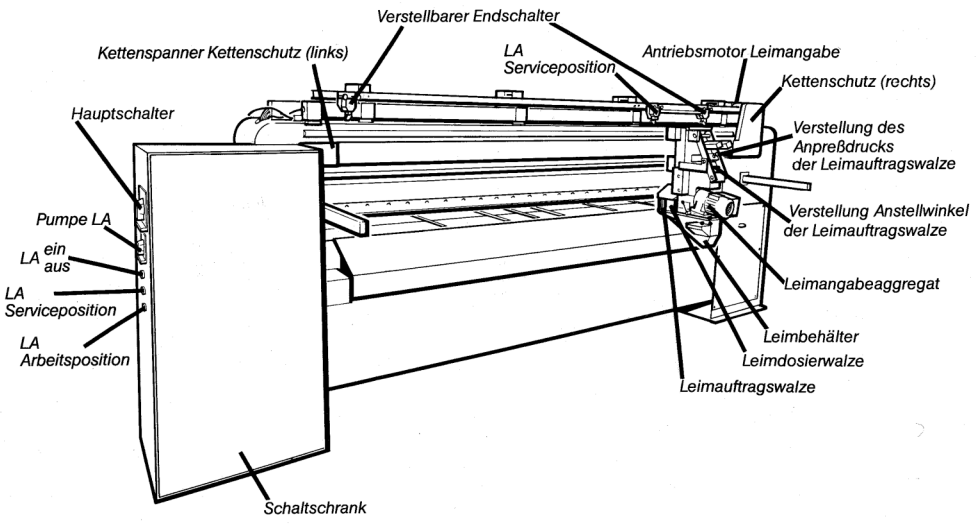


Bild 8: Gefügeschere in dysfunktionaler Perspektive. Die Perspektive mit zwei Fluchtpunkten verkleinert einen Bereich mit vielen beschrifteten Details und lässt den Bereich fast verdeckt, auf dem die Bedienungselemente liegen.

Technische Zeichnungen bevorzugen die orthogonale Projektionen, d.h. zweidimensionale Aufsichten, die auf Albrecht Dürer zurückgehen. Der

Vorteil: Dreidimensionale Gebilde werden so auf einer Ebene abgebildet, dass Maße und Eigenschaften aus der Projektion zu entnehmen sind.
Im Bild 9 wird die orthogonale Projektion mit einer perspektivischen Darstellung verglichen.

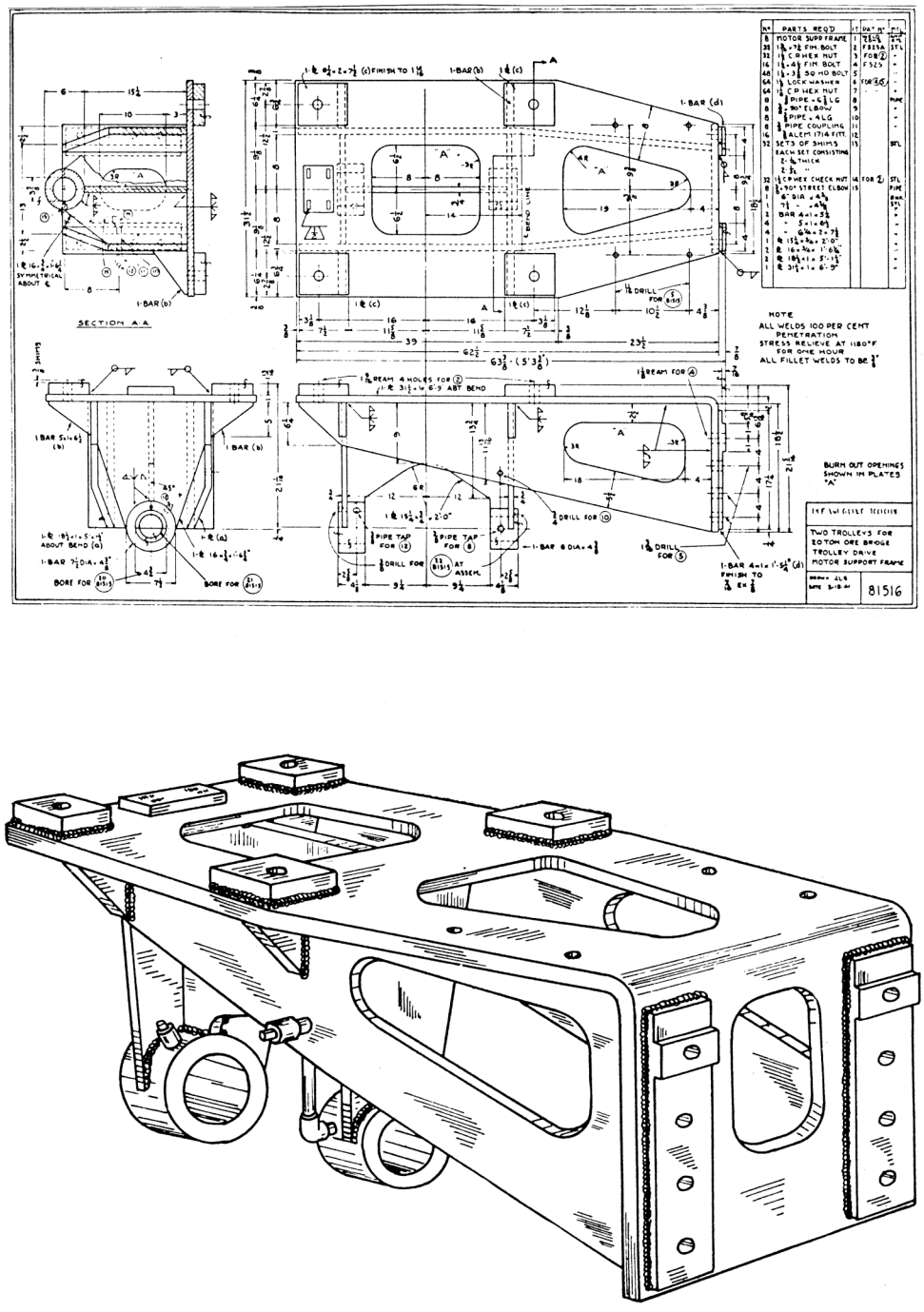


Bild 9: Konstruktionszeichnung eines Motortragrahmens (aus Ferguson 1993, S. 95). Dreiseitenansicht in Orthogonalprojektion: Grundriß, Seitenriß, Aufriß. Darunter eine perspektivische Zeichnung des Rahmens. Für den technischen Laien ist die Konstruktionszeichnung verwirrend. Die Linien für die Formen und die für die Abmessungen sind sehr ähnlich, ein Mangel, den der Didaktiker ankreiden würde. Eine räumliche Vorstellung des Gegenstandes ist mental schwierig. Aber die Bemaßung ist eindeutig und

legt die genauen Formen fest. Dagegen erkennt man in der perspektivischen Darstellung die Gestalt sofort, aber die genauen Formen und die Bemaßung sind nicht ablesbar.

1820 erfindet William Ferish die *isometrische Darstellung*, die ein direktes Ablesen von Größen erlaubt. Gegenüber der Zentralperspektive, die den Wahrnehmenden als Bezugspunkt hat, rückt jetzt das technische Objekt ins Zentrum. Die Abbildung zeigt nicht, was wir genau sehen, sondern was wird über den Gegenstand wissen. Die Isometrie stellt sozusagen einen Kompromiß zwischen Zentralperspektive und orthogonaler Projektion dar.

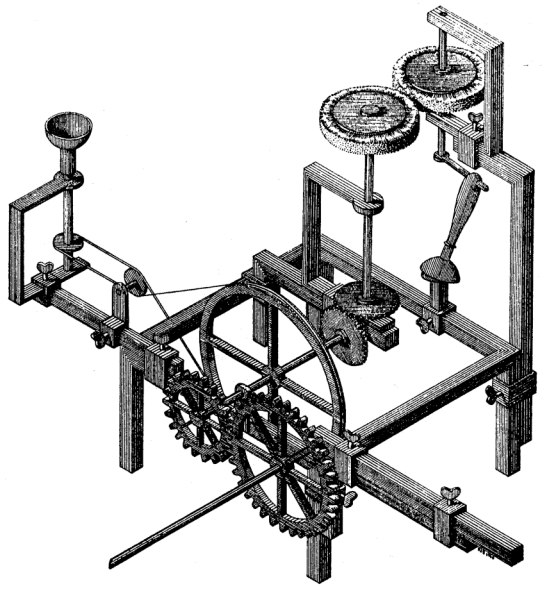


Bild 10: In isometrischer Projektion wird eine Apparatur dargestellt, welche die Möglichkeiten der mechanischen Kraftübertragung demonstriert. Aus Ferish (1820), Isometrical perspective.

Bis heute ist die Perspektive in der technischen Kommunikation umstritten. Der Technische Redakteur Werner Zieten (1990, 113), der einen funktionalen Minimalismus entwickelt hat, schreibt: „Wer einen Gegenstand betrachtet (einen technischen Gegenstand, kein Kunstwerk), der versucht immer, ihn so zu drehen oder einen entsprechenden Standpunkt einzunehmen, dass er senkrecht auf eine Fläche blickt, weil er dann Details... am deutlichsten wahrnimmt, ohne perspektivische Verkürzung."

Dagegen der technische Illustrator Ulrich Thiele (1999): „Postuliert man eine für Anwender einer Betriebsanleitung möglichst unmittelbar verständliche Abbildung von Gerätedetails oder Handlungsschritten, so kommt nur eine perspektivische Darstellung infrage."
Die Möglichkeiten von Animationen, die Bewegungen und Drehungen im Raum erlauben, sind heute zusätzlich ein starkes Argument für perspektivische Darstellungen.

2.3 Explosionsdarstellung

Die Explosionzeichnung zeigt das räumliche Zueinander von Geräteteilen und kann damit sowohl die Montage als auch die Demontage anleiten. Diese bildliche Konvention geht vermutlich auf Mariano Taccola zurück,

einem vor allem an Kriegstechnik interessierten Ingenieur der Renaissance.

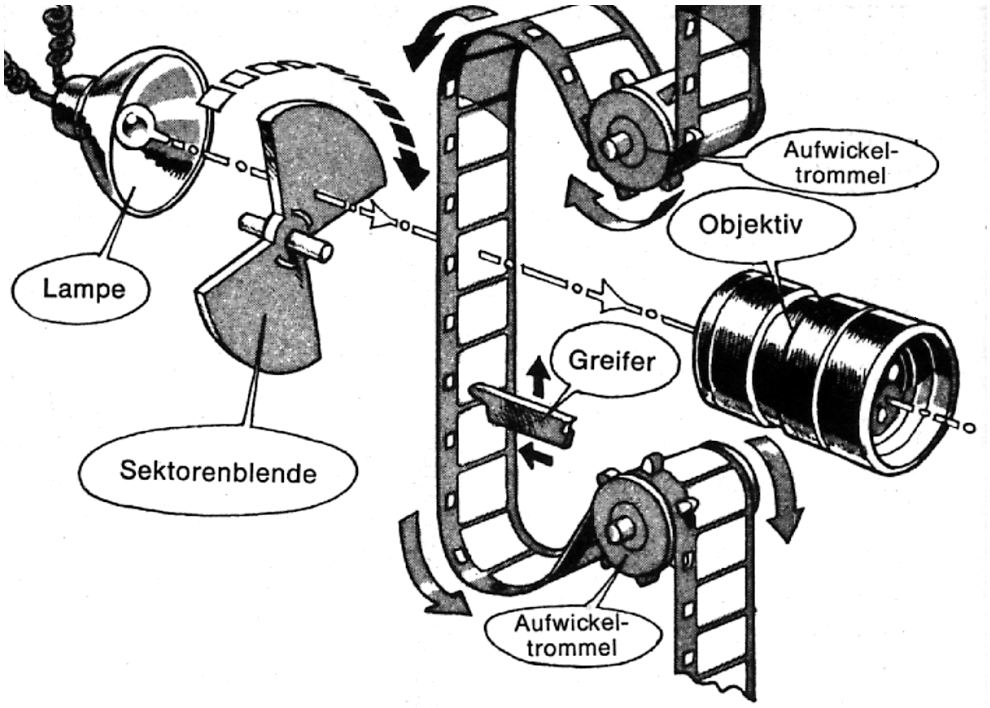


Bild 11: Beispiel einer Explosionsdarstellung aus einer populären Darstellung eines Filmprojektors (für das verschwundene Format Super 8). Die Beschriftungen greifen fälschlich auf die Konvention des Comics zurück, gesprochene Sprache „abzubilden".

Besonders für den technischen Laien bleiben die Explosionszeichnungen eine wichtige indirekte Anleitung. Der Erfolg eines Produktes, das in Einzelteilen verkauft wird - von den Figuren im Überraschungsei bis zu den Möbeln bei IKEA – hängt von der mitgelieferten Montageanleitung ab, denn nichts frustriert den Kunden mehr, als ein Scheitern: Er hat sich nicht nur als technisch unbegabt blamiert, sondern kann auch ohne das ersehnte Konsumgut nicht gebrauchen.

2.4 Transparent- oder Phantombilder

Auch die Phantomzeichnung ist eine Konvention, die sich in der Renaissance herausbildet. Ein eigentlich undurchsichtiger Gegenstand wird durchscheinend dargestellt, damit sein Innenleben gezeigt werden kann. Die Phantomzeichnung fand eine schnelle Verbreitung als Möglichkeit, komplexe Maschinen auf dem Papier zu entwerfen und vorzustellen, anstatt kostspielige Modelle zu konstruieren, wie es bisher üblich war.

Auch heute werden Phantomzeichnungen gern benutzt, oft weniger aus didaktischen Gründen, sondern um mit Komplexität zu imponieren oder das Innenleben einer Maschine zu visualisieren.

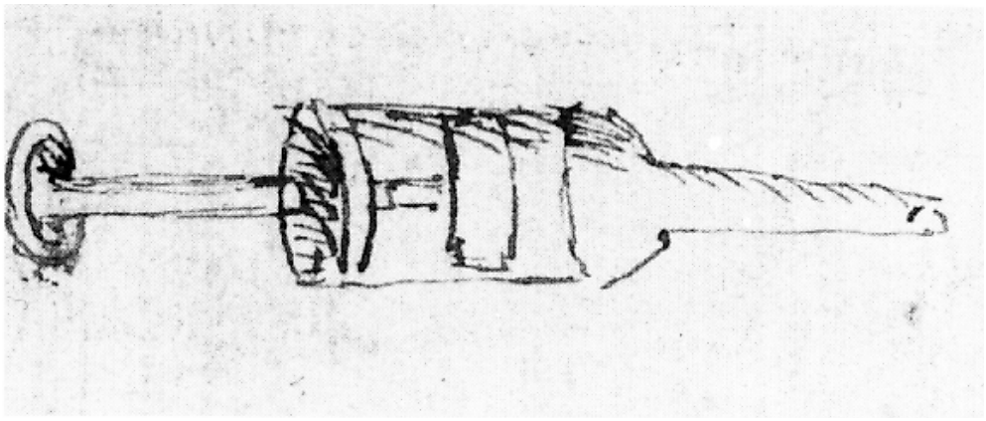


Bild 12: Ein historisches Bild eines Spritzkolbens in durchscheinender Darstellung aus dem Skizzenbuch von Mariano Taccola, etwa 1430 (aus Ferguson, 1993, S.86).

2.5 Schnittbild

Wie das Phantombild zeigt das Schnittbild Verdecktes, aber indem Wände oder Böden aufgeschnitten dargestellt werden, um den Blick auf das Innere freizugeben. Auch das Schnittbild ist wahrscheinlich eine Erfindung der Renaissance. Vielleicht liegt der Ursprung eher in der Medizin als in der Technik: In den damals entstehenden anatomischen und chirurgischen Skizzen wird diese Darstellungskonvention benutzt, um - von der Kirche noch verbotene - Sektionen zu dokumentieren (z.B. von Leonardo da Vinci).

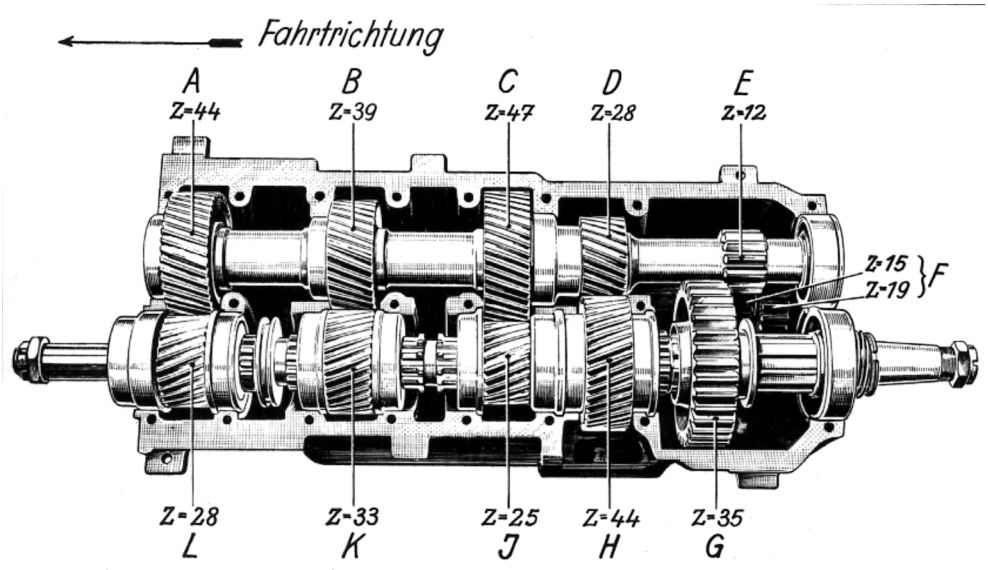


Bild 13: Ein historisches Schnittbild eines Getriebes mit Bezugslinien und Positionsziffern. Nach der eingeführten Terminologie handelt sich um ein texturiertes Abbild, das die Oberflächeneigenschaften besonders betont.

2.6 Ausschnittvergrößerung/Detailansicht

Die isolierte und oft vergrößerte Darstellung eines Geräteteils ist ebenfalls eine Konvention, die sich seit der Renaissance durchsetzt. Später wird sie gern mit der visuellen Metapher einer Lupe verbunden. Der Vorteil dieser Konvention liegt darin, dass ein Detail in seinem Kontext gezeigt wird. Lokalisation und Diskrimination sind damit in einem Abbild zu erreichen.

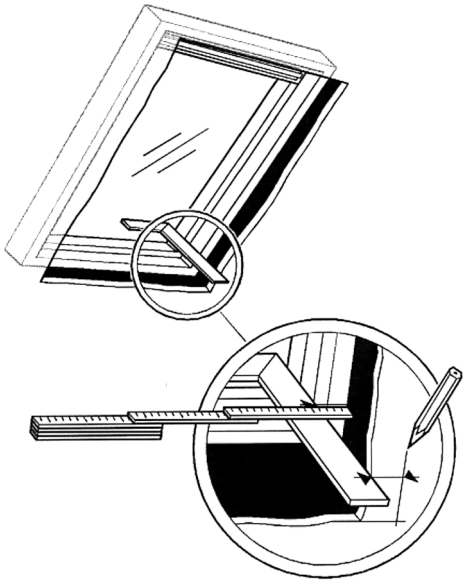


Bild 14: Beispiel für eine Ausschnittvergrößerung, die sowohl das Umfeld als auch die Details sichtbar macht.

2.7 Pfeile

Wir wollen zum Abschluß der Gallerie von visuellen Konventionen ein universelles Zeichen würdigen, das in alle Wissensdomänen in den verschiedensten Funktionen Eingang gefunden hat, in die Kartografie, Mathematik, Meteorologie und auch in die TD: den Pfeil. Wie sind Pfeile in Abbildungen geraten? Ernst Gombrich (1990) hat erstmals im 18. Jahrhundert in technischen Abbildern Pfeile gefunden, die dort der Richtungsangabe dienen.

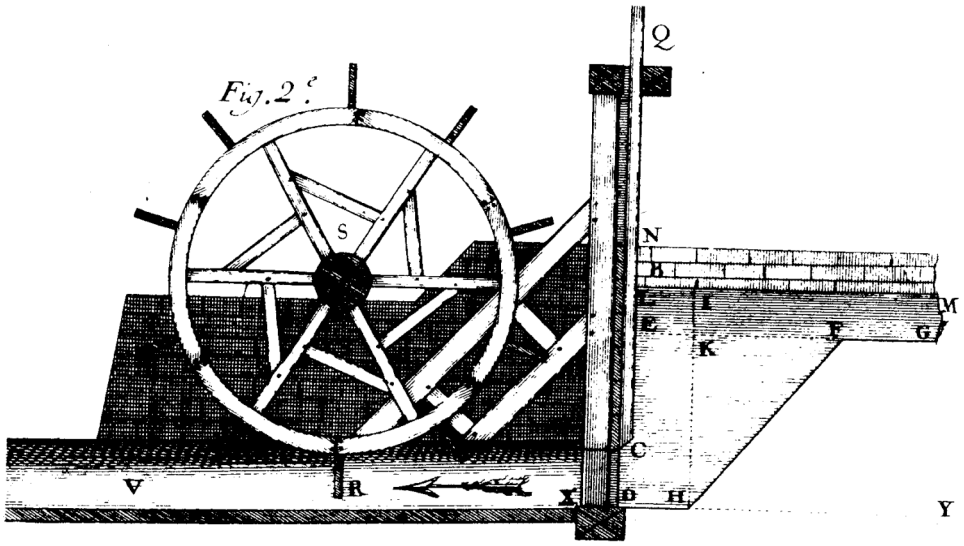


Bild 15: Wasserrad aus Bernard Forst de Bélidor, Architecture Hydraulic, 1737 (aus Gombrich, 1990, S. 28). Die Darstellung ist erstaunlich realistisch: Die Spitze ist mit Widerhaken, das Pfeilende mit einem Befiederung als Steuer versehen. Diese realistischen Pfeile wirken im technischen Kontext recht anachronistisch, aber sie bleiben so noch lange erhalten.

Das Pfeildesign macht in der TD eine Wandlung durch. Zuerst realistisch mit Widerhaken und Federschaft verliert der Pfeil sein ikonische Gestaltung, wird immer mehr schematisiert. Damit verbunden ist der Verlust von Widerhaken und Befiederung, der Charakter als Waffe geht verloren, der Pfeil wird sozusagen pazifiziert. In den 50er Jahren tauchen abgerundete, weiche, teigige, ja fettleibige Pfeile auf. In einigen Varianten bleibt nur eine Keil- oder sogar Herzform ohne Schaft und ausgeprägter Spitze. Für Pfeile gibt es zahllose Normen in verschiedenen Bereichen.

Von Anfang an treten Pfeile in verschiedenen Bedeutungen auf: zur Darstellung von

- Bewegungsrichtung,
- Ursache-Wirkungs-Beziehungen,
- Material- , Energie- und Informationsfluß,
- Vektoren,
- Handlungen wie Drücken, Drehen, Schneiden usw.
-

Diese Vieldeutigkeit des Pfeiles führt dazu, dass er oft in einer Abbildung in verschiedenen Bedeutungen bzw. Funktionen gebraucht wird. Für die Verständlichkeit ist dies ein Mangel.

Bild 16: Pfeile in verschiedenen Funktionen: Der Pfeil in Bild 2 und 4 als Hinweis und im Bild 3 als Bewegung.

Mit einer Serie von Experimenten wollte man den optimalen Pfeil ermitteln (Gwynneth de la Mare & Walker 1962). Grafisch unterschiedliche Pfeile mussten unter verschiedenen Bedingungen erkannt werden, z.B. mit Verdunklungsbrille oder in sehr kurzen Darbietungszeiten mit dem Tachistoskop. Ergebnis: Pfeile mit einer einem umgekehrten V nahekommenden Spitze und relativ dünnem Schaft ohne Federn sind am schnellsten erkennbar.

2.8 Umgang mit Darstellungskonventionen

Fassen wir zusammen: Darstellungskonventionen haben die Funktion, schwer oder gar nicht abbildbare Dinge visuell kommunikabel zu machen. Sie dienen damit der visuellen Verständlichkeit. Die bildlichen Konventionen entstehen in der kulturellen Evolution und müssen gelernt werden. Sie machen einen Teil der visuellen Literalität (= visual literacy) aus, das ist die Fähigkeit, Bilder auszuwerten und zu verstehen. Je sprachärmer eine Anleitung, desto mehr wird von Konventionen Gebrauch gemacht.

Man kann jedoch den Vorteil, den eine Konvention mit sich bringt, verspielen, wenn man drei einfache Richtlinien nicht einhält:

1. Von vorgegebenen Konventionen sollte man nicht ohne Not abweichen. Es stellt ein Problem dar, wenn jeder Hersteller und jede Firma aus Gründen der Orginalität oder der Corporate Identity neue Darstellungsformen entwickelt.

2. Bei geringsten Zweifeln an der Bekanntheit der Konvention, muss sie ausdrücklich eingeführt werden. Untersuchungen zur Literalität zeigen immer wieder, dass viele Konventionen nicht selbst-verständlich sind.

3. Eingeführte Konventionen müssen konsistent in einer Bedeutung benutzt werden. Beispiel: Einen grafischen Typ von Pfeil stets nur in einer Funktionen verwenden. Werden Pfeile in zwei Funktionen verwendet, dann sollte man sie grafisch unterscheiden und in einer Legende erklären.

3 Mentale Verarbeitung und Verständlichkeit von Bildern

Bevor wir uns mit der Bildwahrnehmung befassen, müssen wir uns darüber klar werden, dass sich das Betrachten von Bildern in einigen Punkten von der Wahrnehmung natürlicher Umgebungen unterscheidet:

- Bilder sind meist merkmalsärmer, es fehlen z.B. in einer Strichzeichnung Farben, Oberflächentexturen.
- Bewegung vor einem Bild erbringt keine neuen Informationen, Im Gegensatz zur natürlichen Wahrnehmung ist derartige Exploration zwecklos.
- Bilder legen den Ausschnitt und die Perspektive fest. Der Bildproduzent kann damit bestimmen, was gesehen werden kann und was verdeckt ist.
- Normalerweise ist das Sehen nicht vom Handeln zu trennen: Wir orientieren uns visuell, um zu .... Bilder entlasten vom unmittelbaren Handeln.

Das Verstehen eines Bildes ist ein sehr komplexer geistiger Vorgang: Was läuft in unseren Köpfen ab, vom ersten Blick auf ein Bild bis zum Verstehen des Bildes? In der Psychologie oder überhaupt in den Wissenschaften ist es üblich, komplexe Zusammenhänge zunächst zu entflechten, um sie dann zu einem Gesamtbild zusammenzufügen. Wir unterscheiden vier Ebenen der Bildverarbeitung:

- Voraufmerksame Verarbeitung: Globale visuelle Organisation
- Aufmerksame Verarbeitung: Detailauswertung durch Blickbewegungen
- Interpretative Verarbeitung: inhaltliches und indikatorisches Verstehen
- Rekonstruktive Verarbeitung: Abruf und Nutzung visuellen Wissens

Die Metapher der *Ebenen* wird bewußt gewählt, um die Vorstellung eines Nacheinanders von Stufen auszuschließen. Denn tatsächlich laufen zu einem Zeitpunkt mentale Prozesse auf allen vier Ebenen der Verarbeitung ab.

In den folgenden Abschnitten schauen wir uns die Ebenen der Verarbeitung mit der Absicht an, Verstehensprobleme zu erkennen und Maßnahmen der Verstehenssicherung zu ergreifen. Erkenntnisse über die visuelle Verarbeitung müssen die Basis der Gestaltung instruktionaler Bilder sein, denn effektives Bilddesign bedeutet eine Beeinflussung der Verarbeitung im Sinne des Bildproduzenten.

3.1 Voraufmerksame Verarbeitung: Ganzheitliche visuelle Organisation

Wir werden auf jeder Ebene zuerst die Prozesse behandeln, dann die Möglichkeiten der Gestaltung, auf diese Prozesse einzuwirken

3.1.1 Prozesse der voraufmerksamen Bildverarbeitung

Ein Bild erfassen wir auf einen Blick, wenn wir die Augen aufschlagen. Das ist so selbstverständlich, dass wir gar nicht auf die Idee kommen, dass dieser Eindruck das Ergebnis unzähliger mentaler Prozesse ist. Um eine einheitliche visuelle Organisation zu schaffen, wendet der visuelle Apparat eine Reihe von einprogrammierten Regeln an. Etliche dieser angeborenen Regeln sind seit langem unter dem Ausdruck „Gestaltgesetze“ bekannt. Derzeit werden sie reformuliert und spielen eine wichtige Rolle bei Programmen, die Robotern das Sehen ermöglichen sollen.

Figur-Grund-Prinzip: Das Wahrnehmungsfeld wird in einen Hintergrund und davor stehende Objekte eingeteilt.

Gestaltprinzipien: Sie arbeiten so zusammen, dass sich eine möglichst prägnante visuelle Organisation ergibt. Es gibt etwa 30 „Gesetze“, von denen sechs besonders wichtig sind:

- Gesetz der räumlichen Nähe: Benachbarte Elemente werden zu einer Gruppe zusammengefasst.
- Gesetz der Ähnlichkeit: Gleiche Elemente werden zu einer Gruppe zusammengefasst.
- Gesetz des abgeschlossenen Umriß: Offene Gestalten werden in der Wahrnehmung geschlossen.
- Gesetz der guten Fortsetzung; Es wird der einfachste Verlauf von Linien angenommen.
- Gesetz des gemeinsamen Bereichs: Grafisch eingebundene oder unterlegte Elemente werden als zusammengehörig empfunden.
- Gesetz des Zusammenhangs: Grafisch miteinander verbundene Elemente werden als zusammengehörig empfunden.

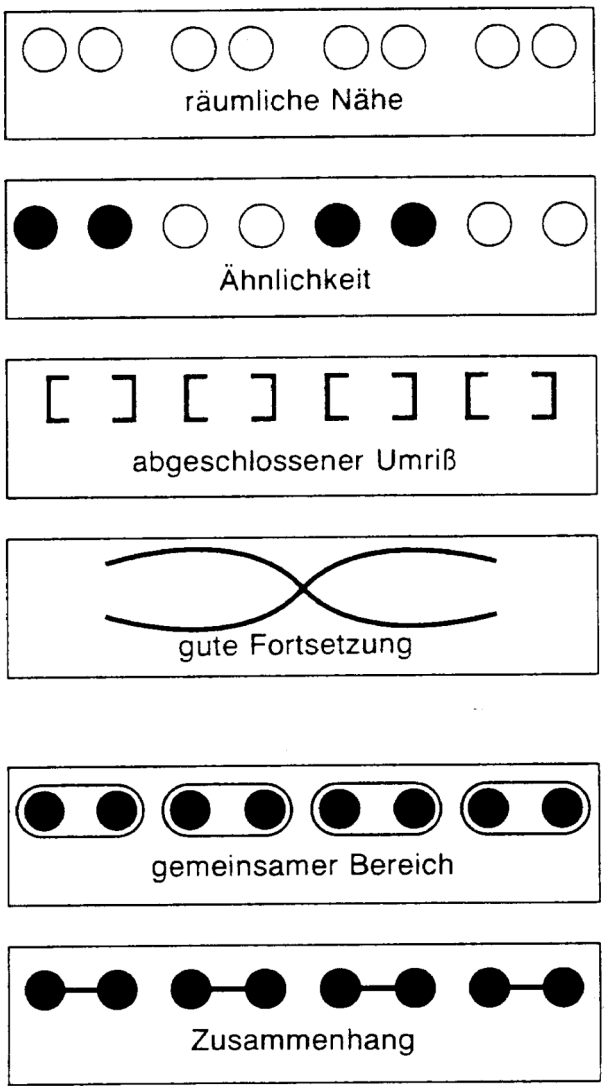


Bild 17: Die sechs wichtigsten Gestaltgesetze sind hier an einfachen Beispielen dargestellt. Entscheidung ist der erste spontane Eindruck.

Figur-Grund-Prinzip und Gestaltprinzipien wirken in einer Weise zusammen, dass eine eindeutig gegliederte visuelle Organisation entsteht. Alle diese Prozesse sind automatisch und unserem Willen nicht unterworfen. Zudem laufen sie parallel über das gesamte Wahrnehmungsfeld ab.

Die visuellen Regeln haben sich im Verlauf der Evolution in der Interaktion mit der Realität herausgebildet. Sie führen uns deshalb auch nur in Extremsituationen in die Irre. Anders ist dies bei Bildern als Artefakten, hier kann man das visuelle System durch optische Gags foppen, denn die visuellen Regeln sind angeboren und blind gegenüber künstlichen Arrangements.

3.1.2 Beeinflussung der voraufmerksamen Verarbeitung

Was hat nun diese Ebene der visuellen Verarbeitung für eine praktische Bedeutung? Sie ist entscheidend für den ersten Eindruck, den ein Bild hinterläßt. Und wir wissen seit Goethe: Der erste Eindruck bekommt keine zweite Chance. Es sind nur wenige, aber wirksame Richtlinien zu befolgen, welche die Verständlichkeit eines technischen Bildes verbessern:

Ansicht, Perspektive. Am schnellsten verstehen wir einen Szene oder einen abgebildeten Gegenstand in einer gewohnten Ansicht bzw. Perspektive. Gegenstände aus ungewohnten Blickwinkeln können so fremd wirken, dass sie gern als visuelle Rätsel verwendet werden.

Übersichtliche Aufgliederung. Das Bild muss auf den ersten Blick übersichtlich wirken. Ein Bild, das prima vista unübersichtlich und konfus wirkt, macht keinen guten Eindruck. Visuelle Organisation kommt durch die Anwendung der Gestaltgesetze zustande: Inhaltlich zusammengehöriges muss auch visuell gruppiert werden.

Eindeutige Organisation. Die visuelle Organisation darf nicht durch ungewollte Wirkungen von Gestaltgesetzen gestört werden. Grobe Verstöße gegen Prinzipien der visuellen Organisation findet man in technischen Abbildern selten, aber suboptimale Lösungen sind häufig. Bei Diagrammen werden Gestaltgesetze eher mißachtet, denn einfache geometrischen Linien, Formen und Körpern sind anfälliger dafür.

3.2 Aufmerksame Verarbeitung: Detailauswertung durch Blickbewegungen

3.2.1 Prozesse der aufmerksamen Bildverarbeitung

Auf dieser Ebene geht es um die Detailauswertung eines Bildes, die durch eine Abfolge von Blickbewegungen, von *Sprüngen* (= Sakkaden) und *Fixationen* stattfindet. Während der Fixationen fällt ein Bildareal in den Bereich des schärfsten Sehens, die Objekte werden erkannt und oft verbalisiert. Wenn wir einen Bildareal fixieren, dann ist das identisch mit der Zuwendung von *Aufmerksamkeit*. Die Augenbewegungen sind notwendig, um Details aus dem Bild in den Bereich der Fovea zu bringen. Deutlich bewußt wird man sich dieser Prozesse beim visuellen Suchen, z. B. auf einem Suchbild, wie es früher in Zeitschriften als Unterhaltung angeboten wurde.

Die Blickbewegungen werden über zwei Mechanismen gesteuert: reflektorisch und willentlich.

Reflektorische Zuwendung. Es gibt Aufmerksamkeit erregende Anreize der visuellen Vorlage, denen sich der Blick sofort zuwendet: grellen Farben, ungewöhnlichen Schriften, unerwarteten oder ungewöhnlichen Objekten. Gesichter sind für Menschen besonders interessant, in den Gesichtern sind es wiederum die Augen, die den Blick auf sich ziehen. Farbe wirkt in einer farblosen Umgebung als Eye catcher.

Willentliche Exploration. Die Auswertung eines Bildes ist eine aktive Tätigkeit des jeweiligen Betrachtenden, die je nach Interessen und

Vorwissen anders ausfällt. Bilder haben größere Freiheitsgrade der Auswertung als z.B. Texte. Für den Didaktiker – einen Manipulateur der Informationsverarbeitung - ist dies mißlich, da er nur in engen Grenzen bestimmen kann, wo jemand hinschaut.

Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen fixierten Bildbereichen und den Inhalten, die später erinnert werden können: Nur was wir fixiert haben wird begrifflich vearbeitet und kann versprachlicht werden.

3.2.2 Beeinflussung der Blickbewegungen

Da die Blickbewegungen auch willentlich gesteuert sind, darf sich der Bilddesigner nicht zu großen Hoffnungen hingeben, die Augen bzw. das dahinterliegende Gehirn domestizieren zu können. Aber es gibt doch einige Richtlinien der Gestaltung, mit denen nachweislich Einfluss auf das Blickverhalten ausgeübt werden kann:

Einstieg. Visuelle Reize, auf die wir reflektorisch reagieren, können dazu genutzt werden, den ersten Blick auf bestimmten Informationen zu ziehen. Der Einstieg in ein Bild wird durch unerwartete Reize (Popout-Effekt) und visuelle Effekte gesteuert. Auf Wesites ist z.B. die Animation ein beliebtes Mittel, das Hinsehen reflektorisch zu erzwingen. Mehrere oder andauernde Animationen sind ein Fall von optischer Nötigung.

Hervorhebungen. Wichtige Inhalte sollen optisch herausgehoben werden, z. B. durch Einfärbung oder fettere Striche. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie beachtet werden, steigt damit an. Einrahmung und Unterlegung heben Inhalte nicht nur hervor, sondern gruppieren sie nach dem Gestaltgesetz des gemeinsamen Bereichs auch zusammen.

Didaktische Reduktion. Je mehr ein Bild anbietet, desto unkontrollierbarer wird die Auswertung durch verschieden interessierte Betrachtende. Daraus folgt: Jede Reduktion von visueller Komplexität schränkt die Möglichkeiten der Betrachtenden ein. Deshalb sind Strichzeichnungen oder schematisierte Abbilder effektiver als Realbilder: Sie lenken nicht durch Details ab.

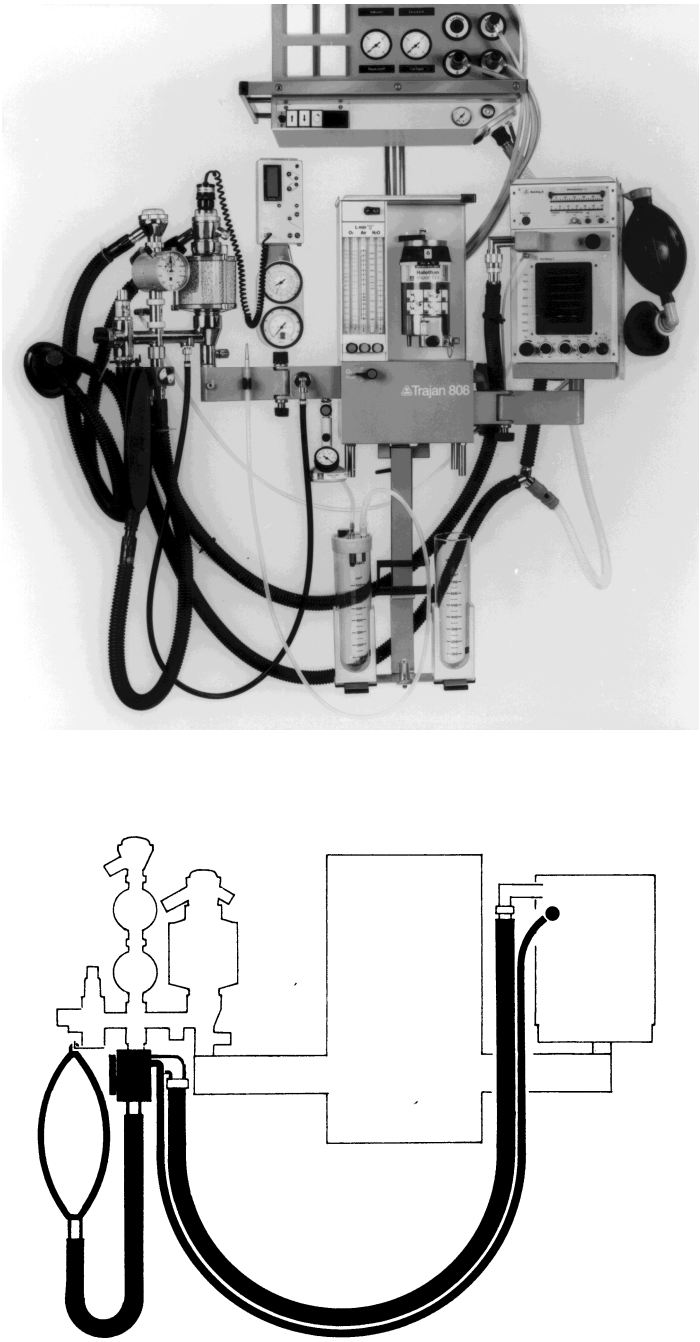


Bild 18: Oben: SW-Foto eines medizinischen Geräts für die Intensivstation. Es enthält sehr viele Details. Unten: abstrahierte Strichzeichnung, die nur noch die Kontur des Gerätes zeigt, aber dafür Anschlüsse und Verlauf der Schläuche deutlich herausstellt (mit freundlicher Genehmigung aus Zieten, 1990, S. 126/127).

Angepasste Bildgröße. Die Größe eines Bildes ist ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt: Je größer ein Bild, desto weitere Blicksprünge sind notwendig. Deshalb muss ein effektives Piktogramm gerade so groß ins Auge fallen, dass es mit einem Blick in die Fovea passt und ohne Durchmustern erfassbar ist.

Blickmuster. In unserer Kultur, in der das Lesen eine zentrale Kulturtechnik darstellt, hat sich ein Auswertungsmuster von links nach

rechts und von oben nach unten herausgebildet. Ein Betrachter neigt dazu, auch ein Bild von links oben nach rechts unten zu durchmustern: Wenn er es eilig hat, folgt er dabei der Diagonalen. Diese Vorliebe kann der Bildgestalter berücksichtigen: In vielen Gemälden liegen die zentrale Bildinhalte auf der Diagonalen oder der Lichteinfall folgt ihr. Auch viele Webseiten entsprechen diesem Auswertungsmuster: der Einstieg ist links oben und der Button zum Weiterklicken rechts unten. - Ein anderes Beispiel ist die Uhrzeigerrichtung, welche die Auswertung von zyklischen Darstellungen beeinflusst: So lesen wir ein Kreisdiagramm immer in Richtung des Uhrzeigers. Der Sektor, der besonders beachtet werden soll, gehört deshalb rechts an die Zwölfuhrlinie.

3.3 Interpretative Verarbeitung

3.3.1 Prozesse der Bildverarbeitung

Die Interpretation eines Bildes beginnt mit dem ersten Blick und wird mit jeder weiteren Fixation ausgeweitet. Die Fixationen dienen zunächst der Bestandsaufnahme: Was zeigt ein Bild, welche Objekte, Personen, Szenen. Auf der interpretativen Ebene der Bildverarbeitung geht es um das Interpretieren eines Bildes, das vor allem vom Vorwissen abhängig ist, das ein Betrachtender aktiviert. Wir wollen zwei Modi der Interpretation unterscheiden, das inhaltliche und das indikatorische Verstehen (vgl. Weidenmann, 1988).

Inhaltliches Verstehen. Beim inhaltlichen Verstehen geht es um eine Antwort auf die zwei Fragen (Göpferich, 1998, 47):

- Was wird abgebildet (Referenzverstehen)?
- Was wird darüber ausgesagt (Prädikationsverstehen)?

Bei der ersten Frage geht es darum, was abgebildet ist, auf was die Abbildung verweist. Was abgebildet ist, kann mit einem treffenden Ausdruck bis zu einer breiten Bildbeschreibung erfasst werden. Folgende Verstehensprobleme gibt es auf dieser Ebene

- Den Adressaten sind abgebildete Gegenstände völlig unbekannt und fremd.
- Gegenstände sind aus ungewöhnlicher Perspektive oder Ansicht dargestellt.
- Gegenstände sind qualitativ schlecht abgebildet, so dass man sie nicht erkennen und von anderen unterscheiden kann.
- Ein konkretes Abbild steht für einen abstrakten Begriff: Der Hirsch auf einem Verkehrsschild steht für Wild.

Bei der zweiten Fragen geht es um die Aussage, die über den abgebildeten Gegenstand oder die Gegenstände gemacht wird. Die Sprache stellt viele Möglichkeiten zu Verfügung, für die es im Bild kein Äquivalent gibt, z. B. die Verneinung oder Konjunktionen. Vor allem für Verben („verschieben“, „einkreisen“, „entnehmen“) gibt es keine eindeutigen bildlichen Darstellungen. Dies ist für technische Redakteure misslich.

Indikatorisches Verstehen. Hier geht es um eine Antwort auf die Frage: Warum wird etwas abgebildet? Diese Frage lässt sich in etliche Teilfragen aufgliedern:

- Was will der Bildproduzent ausdrücken?
- Warum wird mir das Bild gezeigt?
- Was soll ich mit dem Bild anfangen?

Hier nimmt der Betrachter Merkmale der Gestaltung als Indikatoren für die Funktion eines Bildes. Auf dieser Ebene sind folgende Verstehensprobleme möglich:

- Der oder die Betrachtende erkennt nicht, wozu das Bild genutzt werden soll.
- Das Bild wird falsch interpretiert, z. B. als Dekoration statt als Handlungsanleitung.
- Ein Bild, z.B. ein Diagramm kann entgegen der Absicht des Autors ausgewertet werden.

Die Absicht, mit der das Bild gezeigt wird, ist ohne sprachlichen Kontext oft nicht eindeutig zu vermitteln: Kein Bild erklärt sich selbst, so ein Diktum des Kunsthistorikers Ernst Gombrich. Demgegenüber kann man sich in der Sprache auf das Gesagte beziehen. Ob ein Bild als Verbot, Warnung, Hinweis gedacht ist, bleibt oft unklar.

3.3.2 Beeinflussung der Interpretation

Ein Bild ist erst dann verstanden, wenn der Adressat weiß, was abgebildet ist und wozu es abgebildet ist. Auf beiden Ebenen des Verstehens kann ein Bild mehrdeutig sein und kann es zu Ver-ständigungsproblemen kommen. Ein instruktionales Bild muss Eindeutigkeit anstreben, sowohl was die Inhalte als auch was die kommunikative Funktion betrifft. Was kann der didaktische Designer hier tun? Zunächst braucht er eine Adressatenanalyse, um an das Vorwissen seiner Adressaten anknüpfen zu können. Er hat einige piktoriale Mittel, aber vor allem sprachliche Mittel zu Verfügung, um die Interpretation eines Bildes zu beeinflussen.

Visuelle Konventionen. Es haben sich in der kulturellen Evolution Festlegungen herausgebildet, wie bestimmte Inhalte zu repräsentieren sind. Sie sollen die Interpretation absichern (ausführlich 3.). Dazu gehört z. B. die Explosionszeichnung. Sie signalisiert sofort, dass es um das Zueinander von Bestandteilen geht, d.h. sie stellt eine indirekte Anleitung für Handlungen des Montierens und Demontierens dar. Andere Darstellungskonventionen sind Bezugslinien und -ziffern, Verwendung von Pfeilen, Grund- und Aufrisse usw. Darstellungskonventionen sind vor allem bei den Visualisierungen wichtig. Beispiele: Flowchart; cartesisches Achsenkreuz

Verbaler Kontext. Ein Bild kommt selten allein, meist steht es in einem Kontext, der seine Bedeutung einschränkt. Der Kontext kann aus anderen Bildern bestehen, meist haben wir es aber mit einem sprachlichen Kontext zu tun, denn gänzlich ohne sprachliche Unterstützung kommen die

wenigsten Bilder aus: Bilddetails müssen benannt, Zusammenhänge beschrieben werden (ausführlich 5.3).

4 Die Abbildung von Handlungen

Dieser Abschnitt befaßt sich mit grundsätzlichen Problemen, vor denen ein technischer Autor oder eine technische Autorin steht, wenn er oder sie Handlungen so fotografieren oder zeichnen möchte, daß ein Betrachtender sie aufgrund der Abbildung mental und real nachvollziehen kann. Dazu wird als einfaches Text-Bild-Beispiel eine Betriebsanleitung für die Herstellung von Mixgetränken benutzt (Bild 19):

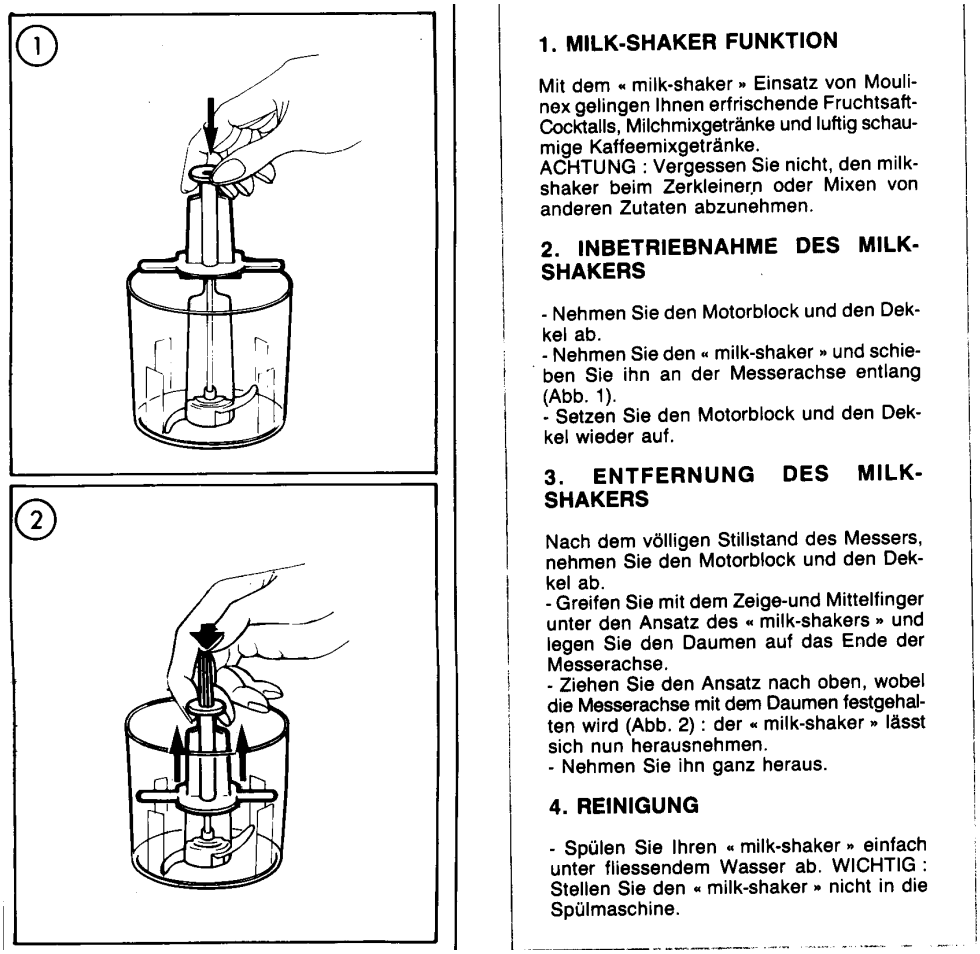


Bild 19: Betriebsanleitung für die Milk-Shaker-Funktion von Moulinex. Die Pfeile sind im Original rot. Erläuterungen im Text.

4.1 Adäquate Handlungsebene

Handlungen sind *hierarchisch* organisiert: Ein übergeordnetes Ziel wird durch eine Abfolge von Zwischenzielen angestrebt, die wiederum in Unterziele aufgeteilt werden können. Man unterscheidet *komplexe Tätigkeiten* (z. B. eine Geburtstagsparty vorbereiten), die durch *einzelne Handlungen* ausgeführt werden (z. B. das Zubereiten von Mixgetränken), die sich wiederum aus *einfachen Operationen* (z. B. Handbewegungen) bestehen. Eine komplexe Handlung kann als Baumstruktur oder als

hierarchisierte Liste dargestellt werden. Aus der Text-Bild-Kombination in der Abbildung 1 läßt sich folgende hierarchische Handlungsstruktur rekonstruieren.

1 2 3 4

Zubereiten eines Mixgetränkes
- Vorbereiten des Geräts
  - Abnehmen des Motorblocks
  - Abnehmen des Deckels
  - *Aufschieben des Milk-Shaker-Einsatzes (Abbildung 1)*
- (Einfüllen)
- (Mixen)
- Entfernen des Milk-Shaker-Einsatzes
  - Abnehmen des Motorblocks
  - *Herausnehmen des Milk-Shaker-Einsatzes (Abbildung 2)*
    - Greifen mit Zeige- u. Mittelfinger
    - Auflegen des Daumens
    - Herausziehen nach oben
- Reinigen unter fließendem Wasser
  - Warnung: nicht in die Spülmaschine

Bild 20: Hierarchie von Tätigkeiten, Handlungen und Operationen, wie sie sich aus dem Begleittext ableiten lässt. Es werden vier Hierarchieebenen unterschieden, grundsätzlich läßt sich die Handlung weiter aufgliedern, z. B. das Auflegen des Daumens bis in die Bewegungen der Muskeln hinein.

Es fällt auf, daß die Beschreibung wichtige Teilhandlungen völlig ausläßt: Das Einfüllen und das eigentliche Mixen werden gar nicht erwähnt, also offensichtlich als selbstverständlich vorausgesetzt. Dagegen wird das Einsetzen und Entfernen des Milk-shake-Einsatzes genau beschrieben und beide in einer Abbildung gezeigt. Das Herausnehmen wird sogar bis zu den Fingerbewegungen herunter dargestellt. Offensichtlich geht man davon aus, daß es sich hier um einen schwierigen oder ungewöhnlichen Bedienungsschritt handelt.

Die Beschreibung oder Abbildung einer Handlung kann also *global*, d. h. *hierarchiehoch*, oder *detailliert*, d. h. *hierarchieniedrig* erfolgen. In einer schriftlichen oder bildlichen Anleitung ist eine Darstellungsebene vorgegeben. Der Technische Redakteur muß sich aufgrund seiner Einschätzung des Handlungsrepertoires und der motorischen Fertigkeiten seiner Adressaten für die jeweilige Darstellungsebene entscheiden. Die beiden möglichen Fehleinschätzungen liegen auf der Hand: Die Beschreibung oder Abbildung kann zu global oder sie kann zu detailliert für die jeweiligen Adressaten ausfallen. Es gilt die Faustregel: Geläufige Kulturtechniken können global, ungeläufige müssen detailliert dargestellt werden.

4.2 Repräsentative Abbildung

Ein Abbild stellt eine Momentaufnahme aus einem Handlungsablauf dar. Zur Abbildung einer Handlung findet man bei Lessing im Laokoon-Essay eine oft zitierte Stelle: "Die Malerei kann in ihren coexistierenden

Kompositionen nur einen einzigen Augenblick der Handlung nutzen und muss daher den prägnantesten wählen, aus welchem das Vorhergehende und Folgende am begreiflichsten wird." (nach Gombrich, 1984, S. 42). Das bedeutet: Um verständlich zu sein, muß eine Handlung abgebildet werden, aus der die vorausgegangenen und die zukünftigen Abläufe für den Betrachtenden erschliessbar sind. Untersuchungen zeigen, dass dargebotene Handlungs- oder Ereignisausschnitte bei den Betrachtenden zu einer mentalen dynamischen Modellierung anregen: Die eingefrorene Bewegung wird geistig weiterführt. Eine Abbildung ist dann repräsentativ, wenn man die Weiterführung vor dem "inneren Auge sieht", sie in der Vorstellung nachvollziehen kann.

Für hierarchieniedere Operationen muß ein typischer "Schnappschuß" gemacht werden, wie es in den beiden Strichzeichnungen des Beispiels auch gelungen ist. Schwieriger wird es, eine typische Abbildung für eine hierarchiehohe Handlung zu finden, sie muß die Gesamthandlung repräsentieren und visuell zusammenfassen. Welche Abbildung könnte für das Zubereiten von Mixgetränken stehen? Sicher kein Bild vom Abnehmen des Motorblocks oder dem Reinigen unter fließendem Wasser. Denkbar wäre der Moment des Einfüllens von Milch und Früchten.

4.3 Nachvollziehbare Sequenz

Tätigkeiten haben eine hierarchische Struktur, aber sie werden als Abfolge von Handlungen und Operationen realisiert. In einer Beschreibung entspricht dem eine Abfolge von Sätzen. In eine Abbildung ist eine Abfolge nur durch Nummerierung darstellbar, eindeutiger ist eine Bildfolge. Vorausgesetzt die richtige Ebene und ist gewählt und die Abbilder sind repräsentativ, dann kann der oder die Betrachtende die Lücken zwischen den Bildern mental füllen. Die geistige Leistung beim Lesen von Comics liegt in der Ergänzung der Bildzwischenräume. Im Bild liegt zwischen den beiden Bildern ein großer Zeitraum, in dem die zentralen Handlungen des Mixens abgelaufen sind.

Handlungen setzen an Gegenständen an oder beziehen sie mit ein. Jede Handlung verändert den Zustand von Gegenständen, so dass man die Handlungskette als einen Wechsel von Zuständen und Aktionen darstellen kann: In Anleitungen werden die *Zustände* meist in Abbildungen gezeigt, die *Aktionen* werden bevorzugt beschrieben, da die Sprache mit den Verben ein differenziertes Zeichenrepertoire für Handlungen bereitstellt. Eine Sequenz von Zuständen und Aktionen lässt sich verschieden interpunktieren: Jeder Zustand kann als Voraussetzung (Z1) oder als Ergebnis (Z2) einer Aktion (A) dargestellt werden. Sind die beiden Varianten für das Verständnis äquivalent? Lässt man Versuchspersonen selbst Handlungsanleitungen zeichnen, dann bevorzugen sie mit Abstand eine Z1-A-Sequenz, manchmal mit Z2, manchmal auch ohne. Dieses Ergebnis überrascht nicht, denn diese Darstellung hat zwei Vorteile:

- Die Darstellung von Z1 dient der Identifikation der Elemente und Ansatzpunkte der Aktion.
- Die Darstellung von Z2 dient der Kontrolle des Handlungserfolgs.

Die Z1-A-Z2-Sequenz kann somit als *Basiseinheit einer Anleitung* aufgefasst werden. In Bild 19 zeigen beide Bilder Ausgangszustände, an denen eine Handlung ansetzt. Im ersten Abbild wird die Stellung vor dem Einsetzen gezeigt, ein Pfeile gibt die durchzuführende Operation an. Dasselbe gilt für das zweite Abbild. Die Endzustände der Handlung werden hier weggelassen, wahrscheinlich weil sie trivial sind.

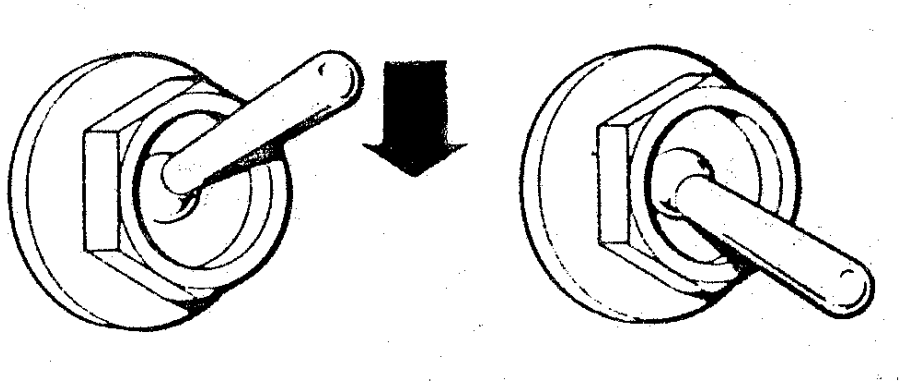


Bild 21: Bedienung eines Schalters: Ein einfaches Beispiel für die Abbildung einer Handlung als Z1-A-Z2-Sequenz.

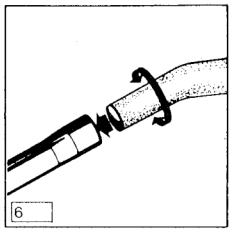
4.4 Visuell Verneinen und Begründen

Schließlich müssen wir noch auf ein Problem zu sprechen kommen, das eine Grenze der visuellen Kommunikation markiert: In Abbildern kann man darstellen, was zu tun ist, aber nicht, was zu unterlassen ist. Es gibt keine eindeutige bildliche Verneinung, diese kann nur durch symbolische Zusätze vermittelt werden, indem man eine Handlung abbildet und dann durchstreicht bzw. durchkreuzt.

Das Problem taucht in der TD auf, wenn man bildlich vor einer Handlung warnen oder sie untersagen möchte. Warnungen werden deshalb meist sprachlich mit eindeutiger Kennzeichnung des Sprechaktes dargestellt. Auch in unserem Beispiel werden zwei sprachliche Warnungen ausdrücklich mit ACHTUNG bzw. WICHTIG eingeleitet. Das Verknüpfen von bildlichen Aussagen, und damit visuelles Argumentieren ist schwierig und störanfällig. Bleiben wir bei unserem Beispiel: Warum kann man den Milk-shaker-Einsatz nicht einfach herausziehen, sondern muss einen derart komplizierten Griff anwenden? Im Text wird keine Begründung geliefert, aus dem Bild lässt sich eine Begründung nicht ersehen. Wer das Gerät kennt, weiß, dass man ohne den abgebildeten Griff das scharfe Messer mit herauszieht. Aber wie könnte man diese Begründung visuell darstellen? Es ginge nur umständlich und mißverständlich. Das bildliche Zeichensystem ist für die Vermittlung argumentative Zusammenhänge nur sehr begrenzt geeignet.

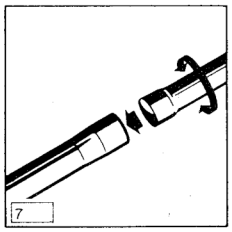
4.5 Die indirekte Darstellung von Handlungen

Die indirekte Darstellung von Handlungen kann man mit den ersten *Explosionszeichungen* in der Renaissance beginnen lassen, die zeigen, wie Teile zusammengeschoben, gesteckt oder geschraubt werden müssen.



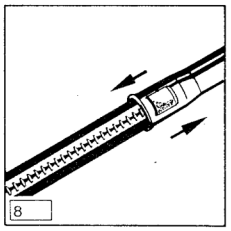
Saugschlauch und Saugrohr zusammenstecken.

Griffrohr des Saugschlauches fest mit dem Saugrohr verbinden.



Saugrohre zusammenstecken
(je nach Ausführung)

Die beiden Rohre miteinander verbinden.



Teleskoprohr einstellen (je nach Ausführung)

Die Taste am Rohr nach unten schieben und das Rohr auf die gewünschte Arbeitsstellung einstellen.

Bild 22: Gebrauchsanweisung für den Bodenstaubsauger Vampyr 5.../Compact von AEG (1996). Im Bild finden wir kleine Strichzeichnungen, die nur einen Ausschnitt des Geräts darstellen und an denen Pfeile die Handlungen des Drehens und Zusammensteckens andeuten. Die Hand zur Handlung fehlt.

Noch reduzierter werden einfache und immer wiederkehrende Handlungen indirekt als teils ikonische, teils symbolische Piktogramme dargestellt. Es sind bildliche Äquivalente für Verben ("drehen") oder Nominalisierungen ("Drehung"), die Handlungen sozusagen abstrakt und kontextfrei repräsentieren, da die konkreten Handgriffe im Umfeld nicht abgebildet sind. Besonders beliebt zur indirekten Darstellung von Handlungen ist der *Pfeil*

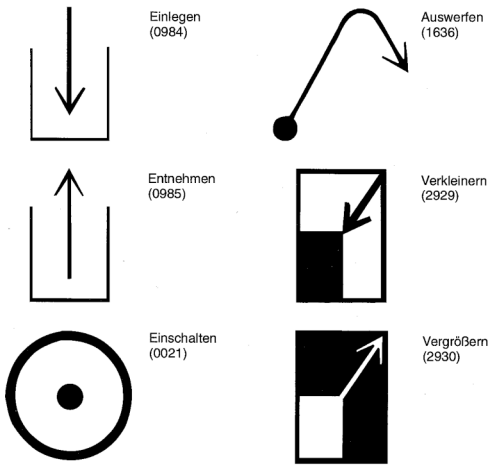


Bild 23: Piktografische Darstellung von Handlungen nach DIN 30600 (aus Reichert, 1991, S. 167). Die Piktogramme in haben teilweise noch deutliche ikonische Anteile, z. B. bei "Einlegen", "Messen" oder "Verkleinern". Teilweise sind sie aber symbolisch, z. B. bei "Einschalten" und "Ausschalten".

Eine sichere Vermittlung von Handlungen ist nur gegeben, wenn die symbolischen Piktogramme gelernt wurden. Derartige bildliche Festlegungen - sozusagen als visuelle Lexika elementarer technischer Handlungen - wurden bisher nur für begrenzte Domänen vorgeschlagen. Sie sind ein Anzeichen für den Trend zur bildlichen wie sprachlichen Standardisierung, der durch die zahlreichen Normen und Richtlinien für die technische Dokumentation erzwungen wird.

5 Text-Bild-Kombinationen

Bilder stehen meist in einem sprachlichen Kontext, nur in seltenen Fällen verzichtet man auf sprachliche Begleitung. Die Grenzen rein bildlicher Anleitungen werden im ersten Abschnitt ausgelotet. Die beiden folgenden Abschnitte befassen sich dann mit der inhaltlichen und der formalen Gestaltung von Text-Bild-Kombinationen.

5.1 Text oder Bild, das ist hier die Frage?

In den letzten Jahren ist mit der visuellen Wende eine Aufwertung der nichtsprachlichen Vermittlungsformen zu beobachten. Im Vergleich mit der Sprache werden immer wieder folgende Vorteile angeführt:

1. Während man Sätze syntaktisch analysieren muss, um die inhaltlichen Beziehungen der Begriffe zu entnehmen, kann man in einem Bild diese Beziehungen direkt ablesen. Bilder anschauen ist einfacher als Texte lesen.

2. Bilder werden schneller verarbeitet und langfristig besser behalten. Was visuelle Merkmale und räumliche Beziehungen betrifft, ist ein Bild tatsächlich manchmal mehr wert als die berüchtigten tausend Wörter.

3. Bilder braucht man nicht zu übersetzen und kann dadurch erhebliche Kosten sparen, wenn man Produkte für den globalen Markt produziert. Einzelne Problem der Lokalisierung sind nicht schwerwiegend.

4. Bilder haben eine ästhetische, emotionale und damit motivierende Wirkung. Gerade die trockene TD kann davon profitieren, wenn bunte Bilder die drögen Texte ersetzen oder zumindest ergänzen.

Diese positive Einschätzung hat zu vielen Versuchen geführt, in der TD mit rein bildlichen oder wenigstens spracharmen Anleitungen zu experimentieren. Dabei haben sich aber auch die Grenzen der bildlichen Kommunikation eindrucksvoll gezeigt:

1. Es ist schwierig, in Abbildern *abstrakte Konzepte* zu vermitteln, da sie immer konkrete Gegenstände zeigen. So kann man das Konzept ROSE bildlich vermitteln, aber BLUME oder gar PFLANZE? Abstrakte Konzepte wie THEORIE oder EHRE sind überhaupt nicht bildlich darstellbar, hier muss man visuelle Symbole erfinden, die gelernt werden müssen. Beispiel: ein Kleeblatt für GLÜCK.

2. Handlungskonzepte können nur als Momentaufnahme dargestellt werden: Beispiel: Es gibt kein eindeutiges Abbild für GEHEN oder SPRINGEN, sondern nur eine prototypische Position. Noch schwieriger wird es mit prozessualen Konzepten. Beispiele: TROCKNEN, WACHSEN. In Einzelbildern lässt sich kein zeitlicher Ablauf darstellen.

3. Ein weiteres Problem bilden *inhaltliche Verknüpfungen*. Während die Sprache mit den Konjunktionen Aussagen miteinander verbindet, ist dies

bildlich nicht möglich. Es gibt keine ikonischen Zeichen für WEIL, ABER, TROTZDEM usw. Deshalb kann man mit Bildern keine nicht-sichtbaren Zusammenhänge formulieren und nicht argumentieren.

4. Es gibt es keine *Verneinung* im Bild. Beispiele: Dass man *nicht* rauchen darf, lässt sich nur zeigen, indem man eine brennende Zigarette abbildet und durchstreicht. - Dass Überholen verboten ist, vermittelt ein überholendes Auto in einem roten Kreis. Die Durchstreichung wie der rote Kreis sind konventionelle Symbole, eine Verneinung kann nicht abgebildet werden.

5. Bilder haben selten eine eindeutige Bedeutung, sie sind meist mehrdeutig. Ohne sprachlichen Kontext bleiben große Freiheiten der Interpretation. Das ist für literarische Texte ein Plus, aber für funktionale Gebrauchstexte ein Minus.

Fazit: Bilder können das sprachliche Zeichensystem nicht vollständig ersetzen. Die Schwächen der visuellen Kommunikation sind komplementär zu den Stärken der sprachlichen Kommunikation. Deshalb ist die Kombination von Text und Bild kommunikativ besonders vielversprechend.

5.2 Text-Bild-Beziehungen

Die integrative mentale Verarbeitung von Text-Bild-Kombinationen ist von einigen Bedingungen abhängig, die jeder didaktische Designer und damit jede technische Redakteurin kennen sollte.

5.2.1 Formale Beziehungen

Es ist eine Trivialität, aber gegen sie wird häufig verstossen: Text und Bild werden nur dann integrativ verarbeitet, wenn sie auch in unmittelbarer Nähe zueinander stehen. Muss man erst Blättern oder Scrollen, dann sieht es mit der integrativen Verarbeitung ganz schlecht aus. Aber auch eine auseinanderliegende Anordnung auf einer Seite oder Page erfordert noch erhebliche Augensprünge, die für manche Benutzenden zu lästig sind. Es gilt deshalb das *Prinzip der Kontiguität* (Mayer, 2001): Je näher sprachliche und visuelle Informationen beieinanderliegen, desto eher werden auch beide Informationsquellen genutzt.

5.2.2 Inhaltliche Beziehungen

In einer Text-Bild-Kombination können verschiedene Formen der inhaltlichen Beziehung realisiert sein, mit unterschiedlichen Konsequenzen für die mentale Verarbeitung.

Kongruenz: Der Text benennt und beschreibt Komponenten des Bildes. Das Bild veranschaulicht Begriffe und Beschreibungen im Text. Hier ist darauf zu achten, dass kongruente Beziehungen zwischen Text und Bild eindeutig referenziert sind, z.B. durch parallele typografische Mittel. Die Bezeichnungen im Text und die Beschriftungen im Bild müssen übereinstimmen. Diese Richtlinie wird oft nicht eingehalten, weil Bilder unbearbeitet aus einem anderen Kontext übernommen sind. Die kognitiven Wirkungen kongruenter Informationsdarbietung sind noch immer umstritten.

Ein Vorteil ist auf jeden Fall, dass jeder die Sinnesmodalität nutzen kann, die er bevorzugt.

Komplementarität. Der Text enthält abstrakte und unbestimmte Ausdrücke, die durch Inhalte im Bild ausgefüllt werden. Das Bild enthält Mehrdeutigkeiten, die durch den Text vereindeutigt werden. Da diese Gestaltung die Betrachtenden zwingt, für ein Gesamtverstehen beide Darstellungsformen zu verarbeiten, ist diese Text-Bild-Beziehung besonders interessant. Einige Untersuchungen weisen in die Richtung auf einen integrativen Effekt der Komplementarität, aber ein überzeugender empirischer Beleg fehlt leider bisher. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die Gestaltung derartige Text-Bild-Bezüge nicht einfach ist.

Elaboration. Hier sind Text und Bild nicht direkt, sondern nur über Schlußfolgerungen der Rezipienten aufeinander bezogen. Ohne adäquates Vorwissen fallen beide Darstellungsformen auseinander (im audiovisuellen Bereich spricht man treffend von einer *Text-Bild-Schere*). Eine elaborative Gestaltung ist in künstlerischen oder unterhaltenden Text-Bild-Kombinationen anregend, aber in Gebrauchstexten sollte man sie vermeiden.

Kongruenz: Beim Stratovulkan lagern um den Krater Schichten aus Lava- und Lockerprodukten.
Komplementarität: Der Strativulkan hat einen charakteristischen Aufbau aus Lava und Lockerprodukten.
Elaboration: Bekannte Stratovulkane sind In Europa der Vesuv bei Neapel und der Ätna auf Sizilien, in Amerika der Mount St. Helens.

Bild 24: Die drei Formen der inhaltlichen Beziehung zwischen Text und Bild an einem einfachen Beispiel.

Kongruenz, Komplementarität und Elaboration sind keine Merkmale einer ganzen Text-Bild-Kombination, sondern in ihr können gleichzeitig alle drei Typen vorkommen, die sich auf verschieden Textpassagen und Bildkomponenten beziehen. Das macht die Untersuchung der kognitiven Wirkungen allerdings recht kompliziert.

5.3 Verbale Steuerung der Verarbeitung

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, wie die Textverarbeitung über Bilder beeinflusst werden kann. Aber wenige Untersuchungen befassen sich mit der Frage, wie sich die Bildverarbeitung über den Text beeinflussen lässt. Bilder stehen in mehrfacher Weise in einem sprachlichen Kontext: Es gibt

einmal den *Basistext*, in dem auf ein Bild verwiesen werden kann. Zusätzlich können Bilder mit einem *Bildtitel* (Überschrift), einer *Legende* („Unterschrift“) und *Beschriftungen* („Inschriften“) versehen sein.

Verweise im Basistext. Es gilt die allgemeine Richtlinie, dass Bilder jeden Typs inhaltlich im Text verankert sein müssen. Das bedeutet, dass der Text auf das Bild verweist:

- Die minimalste Form ist eine *pauschale Aufforderung*, sich die Bilder aufmerksam anzusehen („Achten Sie bitte besonders auf die Bilder!“). Sie fruchtet allerdings wenig.

- Besser ist eine vorgegebene *Aufgabenorientierung*, die eine Auswirkung auf das Suchverhalten und Behalten hat („Welche Handlungen werden in der Abbildung gezeigt?“)

- Schließlich gibt es *direkte Sehanleitungen*, sich bestimmte Bildkomponenten anzuschauen („Achten sie besonders auf den Verlauf der Kurve nach 1989!“, „Prägen Sie sich besonders die Lage des Schalters ein.“).

Die integrative Verarbeitung durch Textverweise wird erleichtert, wenn Bilder in unmittelbarer Nähe der Textstelle zu finden sind, auf die sie sich beziehen.

Bildtitel (= Bildüberschrift). Der Bildtitel ist ein Stichwort oder Satz, selten ein Kurztext über einem Bild. Er hat die Funktion, den Bezugsrahmen aufzuspannen, in dem das Bild interpretiert werden soll. Ein perspektivischer Bildtitel steuert die Aufmerksamkeit und die Verarbeitung in eine ganz bestimmte Richtung. Dies ist für journalistische Bilder erwiesen, gilt aber sicher auch für Bilder in der TD.

Bildlegende (= Bildunterschrift). Diese sprachliche Ergänzung befindet sich meist unter dem Bild, selten auch daneben. Eine Legende kann verschiedene Funktionen erfüllen, je nachdem welche Informationen sie enthält. Wir unterscheiden zwei Typen von Legenden:

1. Eine Legende hat eine Scharnierfunktion, wenn sie Bild und Text direkt verbindet. Derartige Legenden enthalten Beschreibungen, Erläuterungen und Sehanleitungen (Legenda lat. = wie zu lesen ist). Zumindest eine Untersuchung belegt, dass „extended Captions“ die Behaltensleistung verbessern (Bernard, 1990).

2. Ist ein Bild inhaltlich bereits im Basistext verankert, kann sich die Bildlegende auf folgende Informationen beschränken: Bildnummer und Bildtitel, Erklärung von Symbolen und Darstellungskonventionen, Angabe von technischen Daten (z. B. bei Fotos), Angabe des Bildautors bzw. der Quelle.

Welche Informationen man auch in die Bildunterschrift steckt, die Legenden sollten innerhalb einer TD konsistent gestaltet sein.

Beschriftung (= Bildinschrift). Hiermit sind sprachliche Kennzeichnungen für Komponenten eines Bildes gemeint, z. B. die Beschriftungen der Boxen und Pfeile in einem Chart oder sprachliche Labels in einem Realbild. Wichtig ist, dass eine Beschriftung klar einer Bildkomponente zugeordnet werden kann (Gestaltgesetz der Nähe!). In einer Reihe von Experimenten zeigte sich, dass direkte Beschriftung im Bild für die Verarbeitung günstiger ist als eine räumliche Trennung von Bild- und Sprachinformation, z. B. durch Bezugsziffern (Sweller, 1999).

Abschließendes Fazit: Eine didaktisch durchdachte Kombination von Bild und Text schöpft die Stärken beider Kodes aus und dürfte für die meisten Probleme der technischen Vermittlung das Optimum darstellen. Rein sprachliche und rein bildliche TD werden auf wenige Fälle beschränkt bleiben.

6 Digitale Bilder und multimediale Dokumentation

6.1 Was ist ein digitales Bild?

Unter digitalem Bild verstehen wir eine visuelle Darstellung, die aus einer Datei generiert wird. Die Datei setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Dem Header, der Metadaten über Herkunft, Inhalte, Zugriffsrechte, Farbpalette usw. enthält, und den Daten, aus denen das sichtbare Bild generiert wird. Der Aufbau eines Headers ist vom jeweiligen Format abhängig.
Man kann zwei Typen von digitalen Bildern unterscheiden: Aufgenommene = reale Bilder, die aus Digitalkameras oder Scannern kommen, und errechnete = synthetische Bilder, die mit Hilfe von Programmen erstellt werden (z.B. CAD = Computer Aided Design; bildgebende Verfahren).

Digitale Bilder sind immer Bestandteile eines Programms, das sie zeigt und verarbeitet (Heidenreich, 2005). Man betrachtet digitale Bilder gewöhnlich auf einem Monitor. Sie können mit einem Beamer projiziert und über das Web distribuiert werden. Digitale Bilder lassen sich auch ausdrucken, unterscheiden sich dann aber nicht von anderen Print-Bildern.

6.2 Neue digitale Bildformen

Die Digitalisierung und die damit verbundenen Techniken der Bilderstellung und Bildbearbeitung haben einige spezielle Bildformen hervorgebracht:

Screenshot

Abbild eines Monitors, das in ein Printmedium oder eine Präsentation eingebunden wird. Für Computer- und Software-Manuale unentbehrlich. Ein Hilfsprogramm zur Erstellung von Screenshots ist im Betriebssystem integriert. Das Bild wird als Bitmap- oder PDF-Datei gespeichert.

Präsentationsgrafik

Darunter versteht man am Computer erstellte Charts, Diagramme und Infografiken, die in Präsentationen mit elektronischen Folien eingebunden sind. Es gehört zum Standard, Vorträge visuell aufzubereiten, um prägnanter zu kommunizieren und Entscheidungen zu beschleunigen. Das beliebteste Präsentationsprogramm ist PowerPoint, dessen vorgegebene Vorlagen und Layouts in den letzten Jahren zunehmend als Zwangsjacke für das Denken kritisiert wird (Tufte 2003).

Infografik. Kombination aus sprachlichen und bildlichen Informationen, die einen komplizieren Text ersetzen sollen. Sie stammen ursprünglich aus dem Journalismus, um dort Anschluss der Printmedien an die digitalen Visualisierungen zu finden. Eine Infografik visualisiert meist populärwissenschftlich komplexe Zusammenhänge durch Cliparts, Schemabilder, Charts und durch kurze Textteile.

Miniaturbilder

Um die Bilddateien klein und damit die Ladezeiten kurz zuhalten, gibt es im Web einen Trend zu kleinen und prägnanten Bildern wie Thumbnails, Icons, key Visuals, animated GIFs. Für kleine Displays auf Handys, Palms, GPS-Geräten, aber auch auf Kopieren, Druckern usw. werden piktogrammartige Schemabilder gebraucht, Durch inhaltsrelevante Bildreduktion durch Zuschneiden, Schematisieren und Hervorheben entstehen Bonsai-Bildchen, welche die Augen mit einem Blick erfassen können. Oft dienen sie zur schnellen Orientierung und Navigation.

Fotorealistische 2,5-D-Bilder

Gemeint sind hier perspektivische Abbilder, die vom Computer auf der Basis eines dreidimensionalen *mathematischen Modells* von Objekten und Umgebungen erzeugt werden. Ein Programm, der *Renderer*, berechnet für die eingegebenen Parameter (Perspektive, Beleuchtung, Darstellungsstil usw.) jeden Bildpunkt einer zweidimensionalen Ansicht.

Interaktive Bilder

Die Interaktivität stellt die effektivste Innovation von Multimedia dar. Interaktivität regt zu einem aktiven Umgang an und wirkt motivierend durch den Reiz etwas zu bewirken. Im Extrem lässt sich dies bei Computerspielen beobachten, bei denen Spieler in einer virtuellen Welt handeln und dort mehr bewirken als in der realen Welt. Bei interaktiven Bildern kann der oder die Betrachtende die Darstellung im Bild nach seinen oder ihren Wünschen verändern. Bilder lassen sich vergrößern und verkleinern, beschriften und animieren. Interaktive Bilder findet man z.B. im Web in verschiedenen Varianten:

*Image Maps***.** Hier sind Bereiche eines Abbilds oder einer Visualisierung als Hyperlink definiert: Wenn man mit der Maus darüber fährt, erkennt man den Link an einer Veränderung des Curser (Rollover), klickt man darauf, wird man auf eine andere Page oder Site weiter geleitet. Ein Beispiel für diese Bilder zum Navigieren sind Landkarten, auf denen sich die Städte anklicken lassen, um zu weiteren Informationen zu gelangen.

Konfiguratoren. Dabei handelt es sich um Tools zur interaktiven Zusammenstellung und Bearbeitung von komplexen Produkten. Mit ihnen kann man z. B. seine Wunschküche einrichten oder sein Auto individuell ausstatten.

„Die charakteristische Eigenschaft des elektronischen Bildes, die durch die Imitation der bestehenden Bildmedien oft verdeckt wird, sollte in der Interaktivität gesehen werden“ (Sachs-Hombach2003, 234).

Animierte Bilder

Unter Animation wird eine Abfolge von einzelnen Bildern verstanden, die den Eindruck von Bewegung oder Veränderung erzeugt, da von einem Bild zum nächsten Details verändert sind (das ist auch das Prinzip des Films). Komplexe Abläufe und Prozesse können visualisiert und damit „einsehbar“

werden. Das didaktische Potential animierter Bilder und Grafiken ist bisher allerdings nicht ausreichend untersucht. Ein beliebter special Effect in Werbespots oder Videoclips ist das *Morphing*, die stufenlose Überführung eines Bildes in ein anderes, z.B. eines Gesichts in ein anderes oder einer Flasche in ein Glas. Ein Computerprogramm erlaubt es, das jeweilige Ausgangsbild und das Zielbild in Größe und Lage einander anzupassen, festzulegen, welche Punkte im Ausgangsbild welchen Punkten im Zielbild entsprechen sollen, und schließlich die Zahl der Zwischenschritte zu berechnen.

Virtuelle Realitäten

Die anspruchsvollste Form computergenerierter Bilder stellen die virtuellen Realitäten dar. Das kognitive System kann dabei über spezielle Schnittstellen – Bildschirmbrille, Datenhandschuh, Ganzkörperanzug – mit einer künstlichen Umwelt interagieren. Durch die Bewegungen der Person wird die virtuelle Welt in Echtzeit generiert. Eine virtuelle Realität ist ein bildlicher Handlungsraum, den man begehen und in dem man handeln kann. Man spricht auch von *Immersion*, vom Eintauchen in eine artifizielle Welt (Schirra 2000). Praktisch dienen virtuelle Realitäten zum Üben von schwierigen und gefährlichen Arbeiten, die schnell und sicher durchgeführt werden müssen, z. B. Reparaturen in einem Kernkraftwerk oder an einer Raumstation im Weltall (Ellis 1991).

6.3 Bildkommunikation nach dem pictorial Turn

Der Siegeszug von Digitalkamera, Scanner und Computer in Verbindung mit mächtigen Grafik- und Bildprogrammen hat den kulturellen Stellenwert des Bildes revolutioniert. Man spricht von einer *visuellen Wende* oder einem *pictorial Turn* (Ballstaedt & Hesse 2000), der sich durch zwei Merkmale auszeichnet:

- *Quantitative Zunahme von Bildern* in allen visuellen Medien. Vor allem das Web bewegt sich von einem sprachbetonten zu einem bildbetonten Medium. Allein die Bildsuchmaschine von Google hat Zugriff auf 800 Millionen Bilder im Web!
- *Qualitative Neubewertung von Bildern*: Die Wertschätzung von Bildern gegenüber der Sprache nimmt zu. Waren früher Bilder nur eine illustrative Zugabe zu Texten, bekommen sie jetzt einen eigenständigen Wert in der Wissensvermittlung zugesprochen.

Das World Wide Web bietet seit dem Browser Mosaic (1993) neben Texten auch den Zugriff auf Bilder und Videos (Scheibel, 2003). Seit Mitte der 90er Jahre sind Websites mit Bildern, Animationen und kurzen Videos angereichert. Der Anteil an Bildern nimmt rasant zu und mit dem Entstehen des Screendesign ist das Web zu einem visuellen Medium geworden, das zusammen mit dem Fernsehen unsere Bildkultur maßgeblich prägt.

Digitale Bilder verändern die visuelle Kommunikation in mehrfacher Hinsicht. Folgende Punkte zeigen den Funktionswandel der Bilder in multimedialer oder hypermedialer Kommunikation:

Manipulierbarkeit

Digitale Bilder können bearbeitet und umgestaltet werden, sie sind vielfach manipulierbar. Möglichkeiten der *Bildbearbeitung* sind z.B. Verändern von Farbton, Helligkeit. Kontrast, Manipulation mit Filtern, Collagieren und Montieren, Verzerren. Das Bild verliert damit die Aura des Authentischen, es hat sich herumgesprochen, dass man seinen Augen nicht trauen darf. Bilder können lügen (Knieper & Müller 2003, Miener 2004). Bilder werden jetzt eher als Kommunikate erkannt, die mit bestimmten Absichten eine Botschaft transportieren. Deutlich wird dies an Bildern in *Fehlfarben*. Die Galaxien oder Gehirne sind nicht so bunt wie auf den Bildern, aber mit den Farben werden nicht sichtbare Strukturen gezeigt.

Beschleunigung

Bilder sind über das Internet sehr schnell distribuierbar und verfügbar. Beispiele: die Fotos vom Saturn oder von der Venus vor der Sonne, die Enthauptungen im Irak oder das Fußballtor auf dem Handy. Der Beschleunigung korrespondiert aber eine Flüchtigkeit der Bilder. Andauernd ist visueller Nachschub notwendig, um die Bildschirme zu füllen.

Verfügbarkeit

Bilder lassen sich Einscannen und Downloaden und so in Präsentationen und andere Materialien einbinden. Ein Bild im Web kann aus seinem Kontext herausgelöst, bearbeitet und in einen anderen Kontext integriert werden. Damit entstehen Probleme des Urheberrechts. Es gibt Bildarchive im Web und auf dem Heimcomputer lassen sich Bilder mit spezielle Software verwalten (z.B. Cumulus).

Dynamik

Bewegtbilder nehmen zu: interaktive Bilder und animierte Bilder, die nicht ruhig angeschaut werden, sondern mit denen ein aktiver Umgang möglich ist. Bilder verlinken als *Hyperimages* zu anderen Pages und Sites. Simulationen machen Strukturen in der Veränderung sichtbar. Untersuchungen zeigen, dass viele Webnutzende routinemässig auf Bilder klicken, da sie weitere Informationen dahinter vermuten.

Erweiterung der Sichtbarkeit

Der Bereich des Sichtbaren wird ausgedehnt, es können Dinge veranschaulicht werden, die den Augen eigentlich nicht zugänglich sind. Beispiele: Computertomografie, Radioastronomie, Luftarchäologie. Das Bild bekommt Erkenntnisfunktion, mit Bildern werden Theorien gestützt und wird argumentiert (Flusser 2000, Faßler 2002).

Digitale Ästhetik

Die Computergrafik bringt neue Stile hervor, z.B. nicht-fotorealistische Bilder. Durch die technischen Möglichkeiten der Computervisualistik entwickelt sich eine digitale Kunst, die man bisher fast ausschließlich im Internet findet.

Photopaintings. Sie entstehen aus Fotos oder Scans durch die Möglichkeiten der digitalen Bildbearbeitung.

Photorealistische 2,5-D-Welten. Artifizielle Szenerien und virtuelle Welten wie man sie vor allem aus Computerspielen kennt.

Algorithmische Bilder. Sie können nur im Computer durch die Visualisierung komplexer mathematischer Formeln generiert werden. Das bekannteste Beispiel sind die Fraktale.

Immersion

Wenn auf Bilder in einer Weise reagiert wird, als wäre das im Bild Dargestellte tatsächlich anwesend, dann spricht man neuerdings von Immersion. Die Verwechslung von Bildgegenstand und abgebildetem Gegenstand ist ein Thema seit dem *trompe d'oeil* in der Antike, aber erst bei den virtuellen Realitäten ist die Illusion so perfekt, dass Personen mindestens teilweise so tun, als ob sie mit realen Gegenständen interagieren, z.B. in einem Computerspiel (Schirra, 2000). In virtuellen Realitäten gibt es eine Tendenz zur Aufhebung des Bildes: Bildwahrnehmung und Gegenstandswahrnehmung werden ununterscheidbar.

Das Repertoire des Sichtbaren hat durch die Digitalisierung dramatisch zugenommen. Welche Auswirkungen damit auf Kultur und Gesellschaft sowie auf Wahrnehmung und Kognition verbunden sind, lässt sich derzeit nicht abschätzen (Ballstaedt 2003). Eine verbreitete kulturkritische Hypothese behauptet, dass die Wahrnehmung der Wirklichkeit zunehmend durch die Bilderflut in den Medien überlagert wird (z.B. Pörksen 1997). Eine andere Hypothese nimmt hingegen an, dass die neuen multimedialen Anforderungen zu einer Sensibilisierung für visuelle Botschaften führen. Die digitalen Bilder leiten das Ende einer sprachdominierten Kultur ein. Sicher ist, dass die verschiedenen Medien in einem universalen digitalen Medium aufgehen (Heidenreich, 2004, 76).

6.4 Computervisualistik

Die Bildwissenschaft der Informatik wird auch als Computervisualistik bezeichnet (Schirra, 2005). Diese Disziplin umfasst folgende Bereiche

Bildverarbeitung (= image processing): Operationen zwischen einem Ausgangsbild und einem Ergebnisbild, z. B. Kantenverschärfung, Falschfarbenzuweisung, Ver- oder Entzerrung.

Mustererkennung (= pattern Recognition) und **Bildverstehen** (= computer Vision): Operationen von einem Bild zu nicht bildhaften Daten, z. B. Identifikation, Klassifikation, Objekterkennung.

Computergrafik (= computer graphics) und **Informationsvisualisierung** (= information Visualization): Operationen von Nicht-Bild, z. B. quantitativen Daten zu Bild (Veranschaulichung).

7 Bewegtbilder, Animationen

7.1 Inhalte für Bewegtbilder

Das Wort „Animation“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „Leben einhauchen“. Man unterscheidet wie Typen von Animationen:

1. Frame switching: Die Abfolge von Einzelbildern (Frames), die hintereinander einen Bewegungseindruck (wie beim Film) hervorrufen.
2. Tween-Animation (von engl. between), bei der das Start- und das Zielbild festliegen und durch einen Bewegungspfad miteinander verknüpft werden.
3. Rendering: Berechnung fotorealistischer 2,5-D-Bilder und Animationen auf der Basis eines Polygon-Modells. Damit verwandt ist das Raytracing, bei dem ohne ein derartiges Modell berechnet wird.

Bewegte Bilder werden immer beliebter im Web. Ihr didaktisches Potential ist allerdings noch nicht ausreichend erforscht. Vorliegende Untersuchungen lassen sich auf einen eigentlich trivialen Punkt bringen: Bewegungen zu zeigen, ist nur sinn- und wirkungsvoll, wenn die Bewegung für den Lerninhalt von Bedeutung ist und damit ein kritisches Attribut für den Lernprozess darstellt. Für welche Inhalte trifft das zu:

1. Der geläufigste Fall ist der, dass die *Bewegung selbst* gelernt werden soll. Ein Film oder Video bietet ein "Vorbild", das der oder die Betrachtende in das Handlungsrepertoire oder - psychologisch ausgedrückt - in das prozedurale Wissen übernehmen soll. Beispiel: Handgriffe in einer Bedienungs- oder Montageanleitung.

2. In einem zweiten Fall geht es nicht um das Ausführen der Bewegung, sondern um das *Wissen um Bewegungen*. Dies betrifft spezielle Wissensdomainen wie zum Beispiel die Ballistik oder Kinetik, aber das Wissen, wie die Kolben eines Motors arbeiten.

3. Bewegungen bedürfen in besonderen Maße der Animation, wenn es sich um *schwer beschreibbare Abläufe* handelt. So lässt sich eine ballistische Kurve annähernd sprachlich ausdrücken, aber z.B. die Fingerbewegungen beim Binden eines Knotens sind nur sehr schwer verbalisierbar.

4. Die dynamische Abbildung von *räumlich-zeitlichen Veränderungen* ist ein weiteres Einsatzgebiet des Bewegtbildes. Klassische Beispiel sind die Zeitlupe und der Zeitraffer, die sehr schnelle oder sehr langsame Veränderungen sichtbar machen.

Soweit eine Liste der Inhalte, in denen Bewegtbilder nicht nur einen Augenkitzel oder einen ästhetischen Reiz darstellen, sondern für die Wissenvermittlung wichtig sind.

7.2 Was bewirken Bewegtbilder?

Es gibt etliche Untersuchungen, die bewegte Bilder mit statischen Darstellungen vergleichen. Die Erwartung, dass animierte Versionen für das Verstehen und Behalten einen Vorteil haben, hat sich aber nicht prinzipiell bestätigt: Es gab Fälle, bei denen die Animation einen deutlichen Leistungsvorteil gegenüber statischen Bildern erbrachte. Aber in einigen Fällen zeigte sich kein Leistungsunterschied. Und manchmal sind die statischen Bilder sogar den Animationen überlegen.

7.2.1 Steuerung der Aufmerksamkeit

Bewegung ist ein starker, ja aufdringlicher Reiz für das visuelle System: Wenn sich im Gesichtsfeld etwas bewegt, wenden wir uns reflektorisch diesem Ereignis zu. In der Evolution war diese Zuwendungsreaktion für das Überleben wichtig, denn wo sich etwas bewegt, da kann eine Gefahr auf einen zukommen. Da Bewegung die Augen fesselt, kann damit die Aufmerksamkeit gesteuert werden, denn einer Bewegung im Bild kann sich das visuelle System nicht entziehen. So lässt sich der Blickverlauf bei Standbildern mit einem wandernden Pfeil anleiten (animated prompts). Bewegung wird in multimedialen Lernprogrammen auch gern als Verstärker eingesetzt: Wenn man eine Kontrollaufgabe richtig gelöst hat, erscheint eine animierte Figur auf dem Bildschirm. Diese Belohnung durch Bewegung übt - zumindest auf junge Menschen - eine motivierende Wirkung aus.

7.2.2 Supplantation mentaler Fähigkeiten

Supplantieren bedeutet "einpflanzen" und meint damit, dass eine äußere Darstellung in einem Medium innere Prozesse im Gehirn auslöst, die bei häufiger Wiederholung bestimmte geistige Fähigkeiten ausbilden (Salomon 1979, 1980). Dazu drei Beispiele:

Zoom. Film und Video bieten die Möglichkeit des Zoom, bei dem aus einer Übersicht ein Detail herangeholt wird. Kognitionspsychologisch gesehen wird hier eine Teil-Ganzes-Beziehung gezeigt: Der oder die Betrachtende lernt, Einzelheiten aus einer Ganzheit herauszulösen. In einem Experiment konnte Salomon (1980) nachweisen, dass Versuchspersonen, bei denn diese Fähigkeit in einem Test nicht sehr ausgeprägt war, sie durch Betrachten von Filmen mit zahlreichen Zooms erworben hatten. Das Gestaltungsmittel Zoom wurde offensichtlich verinnerlicht oder internalisiert.

Explosionsdarstellung. Vor allem in der technischen Dokumentation ist die Explosionsdarstellung sehr verbreitet. Dabei wird das räumliche Zueinander von Gerätebestandteilen gezeigt, um Zusammenbau oder Auseinandernehmen anzuleiten. Explosionszeichnungen können in zwei Richtungen animiert werden: Entweder die Bestandteile eines Gerätes rücken auseinander (Explosion), das entspricht der Demontage. Oder die Bestandteile des Gerätes rücken zusammen (Implosion), das entspricht der Montage des Gerätes. In einer Untersuchung zur Implosion wirkte sich die Animation positiv auf Montagezeit und Fehlerquote aus (Sheffield et al. 1961). Auch hier kann man annehmen, dass über die Präsentation die Fähigkeit der räumlichen Vorstellung gefördert wird.

Orthografische Projektion. Beim dritten Beispiel geht es um das räumliche Vorstellungsvermögen, genauer das Verstehen von orthografischen Projektionen, wie sie als Grundrisse oder Aufrisse in der Architektur vorkommen. Verschiedene computeranimierte Grafiken zeigten die Transformation von einer dreidimensionalen Ansicht zu einem zweidimensionalen Aufriss (Zavotka 1987). Die Präsentation der Animationen führte zu einer Verbesserung des Verstehens orthografischer Projektionen. Auch hier dient die Animation als Werkzeug, um eine Fähigkeit, einen mentalen Skill aufzubauen.

Der Ansatz der Supplantation ist besonders interessant, da hier der Umgang mit bestimmten Medien und ihren Darstellungsformen geistige Fähigkeiten ausbildet. Medien werden zu Werkzeugen, die das Wahrnehmen, Denken, Vorstellen usw. mitformen.

7.2.3 Aufbau mentale Modelle

Auch hier geht es eigentlich um Supplantation, aber in einem größeren Umfang. Unter einem *mentalen Modell* versteht man die geistige Repräsentation eines Realitätsbereiches in einer Form, die mentale Simulationen und Problemlösungen erlaubt. Diese Fähigkeit ist bei Ingenieuren und Technikern verbreitet.

Um 1785 erfand Oliver Evans die automatische Getreidemühle. Er schreibt: "Die Anordnung habe ich, bevor ich meine Mühle zu bauen begann, im Kopf so weit vervollständigt, dass ich mir in meinem Bett den ganzen Ablauf mit einiger Anspannung vorstellen konnte." (nach Ferguson, 1993, 53).

Ein mentales Modell besteht aus bildlichen und räumlichen Vorstellungen, mit denen man Vorgänge sozusagen geistig laufen lassen kann. Wie komplex ein mentales Modell ausfallen kann, zeigt eine Zeichnung der Getreidemühle, die Evans angefertigt hat.

Es liegt nahe, die Hypothese aufzustellen, dass dynamische Bilder als Material für den Aufbau mentaler Modelle dienen (Lowe 1998, Schnotz et al. 1998). Dies gilt sicher für Simulationen, bei denen das Verhalten eines Systems visualisiert wird. Denn hier geht es um Realitätsbereiche, die für die Augen nicht zugänglich sind und von denen man sich zunächst keine Vorstellung machen kann.

7.2.4 Steigerung des Realitätseindrucks

Während man bei einem starren Foto immer ein vergangenes und abwesendes Ereignis annimmt, steigert abgebildete Bewegung den Realitätsgehalt. Das kann bis zur Augenzeugen-Illusion gehen, einem Effekt, den man eindrücklich bei Computerspielen beobachten kann, welche die Spielenden völlig in ihre virtuelle Welt hineinziehen. Hier wird die künstliche Welt zum ernsten Konkurrenten der Wirklichkeit. Auch diese - sicher pädagogisch problematische - Wirkung kann man didaktisch verwenden: In virtuellen Laboren lässt sich die Bedienung von Geräten mit einem Trainings-Simulator üben. Dieser besteht aus einer fotorealistischen Abbildung der Gerätefront, deren Tasten, Schalter, Knöpfe, Schieberegler und Displays auf Mausberührung so reagieren wie das Original-gerät.

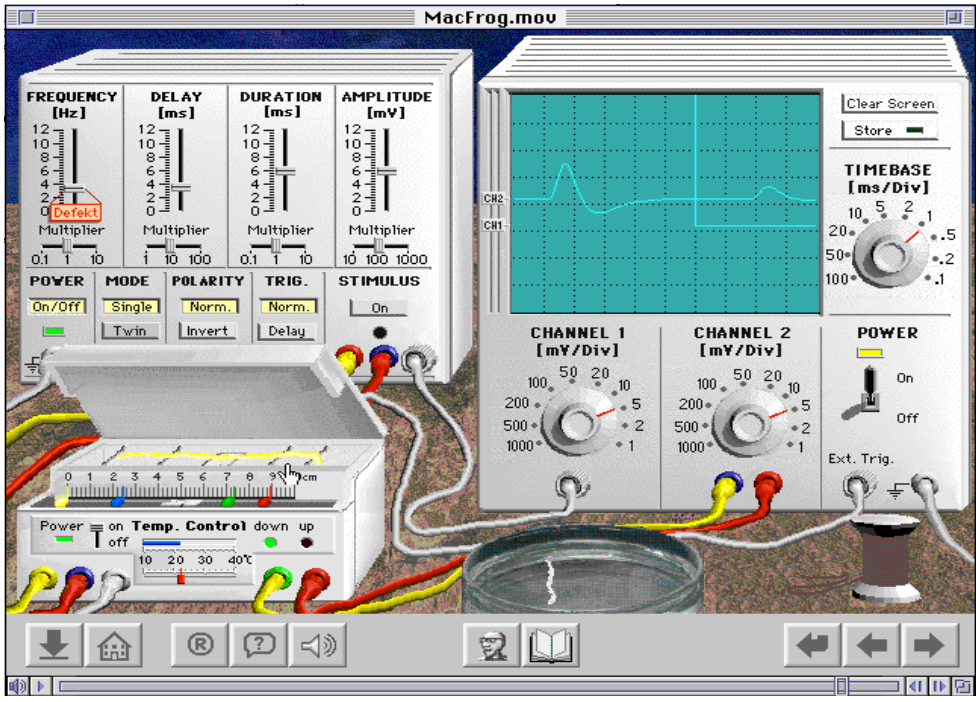


Bild 25: Hier ein Screenshoot aus einem Programm, mit dem die Nervenleitung bei Fröschen ohne blutigen Eingriff in einem virtuellen Labor untersucht werden kann.

7.3 Effektive Gestaltung von Bewegtbildern

Zur effektiven Gestaltung von Bewegtbildern gibt es noch keine zusammenfassende Anleitung, sondern man muss sich Richtlinien zusammensuchen.

7.3.1 Kontinuität durch Schnitt und Montage

Die filmische Abbildung von Handlungen oder Produktionsabläufen wäre unproblematisch, wenn der ganze Ablauf gezeigt werden kann (autonome Einstellung in der Filmtheorie). Das ist aber nicht möglich, wenn es sich um umfangreiche Handlungen handelt und die multimediale Präsentation nur kleine Sequenzen von maximal 30 Sekunden zulässt. Handlungsabläufe können nur in räumlichen und zeitlichen Stichproben gezeigt werden, sozusagen in Ausschnitten und zerstückelt. Aber was soll man wie zeigen, damit das Anschauen der diskontinuierlichen Einstellungsfolge zu einer kontinuierlichen mentalen Repräsentation führt? Dazu werden derzeit Untersuchungen durchgeführt (Schwan 200x).

7.3.2 Adäquate Bewegungsgeschwindigkeit

Wer Animationen anschaut, kann zwei Erfahrungen machen: Entweder sind die Bewegungen zu rasch, so dass man ihnen kaum folgen kann. Oder sie werden als quälend langsam empfunden. Gibt es eine optimale Geschwindigkeit für Animationen? Bei welcher Geschwindigkeit ist ein geistiger Nachvollzug überhaupt möglich? Das geistige Drehen von

Objekten ist Teil unserer Vorstellungsfähigkeit. Untersuchungen haben gezeigt, dass diese mentale Rotation in einer bestimmten Geschwindigkeit erfolgt (Cooper & Shepard, 1985). Es gibt einen linearen Zusammenhang zwischen Winkeldifferenz und Reaktionszeit. Drehungen im Raum schaffen in einer Sekunde etwa 53 Grad, allerdings gibt es interindividuelle Unterschiede. Bewegungen in einer Animation empfinden wir dann als neutral - also nicht zu schnell und nicht zu langsam - wenn sie etwa der inneren Rotationsgeschwindigkeit entsprechen. Da diese jedoch individuell etwas schwankt, ist es am besten, der oder die Benutzende einer Animation kann die Geschwindigkeit selbst einstellen.

7.3.3 Interaktive Nutzung von Bewegung

Didaktisch optimal ist eine interaktive Nutzung von Animationen: Der oder die Betrachtende kann Bewegungen selbst auslösen, sie wieder anhalten und ihre Geschwindigkeit regulieren. Beispiele sind technische Abbilder, die aktiv exploriert werden können: Geräteteile lassen sich verschieben, verdeckte Teile aufdecken. Derartige selbstgesteuerte Bewegungen sind für das Lernen nützlich, wenn sie zur Unterscheidung verschiedener Teile beitragen und zeigen, was zusammengehört.

Ein weiteres Beispiel ist die Datenexploration in interaktiven Diagrammen. Die aktivste Rolle kommt den Benutzern in *Simulationen* zu, in denen sie an einem - letztlich mathematischen - Modell eines Realbereichs die Auswirkungen von Eingriffen studieren können. Die Ausgabe erfolgt meist in einer animierten Visualisierung.

Der *Reiz des Bewirkens* hat jedoch seine Grenzen: Zwischen Eingabe und Rückmeldung darf nicht zu viel Zeit vergehen, sonst werden beide nicht mehr als kausal verknüpft erlebt. Hier wirkt sozusagen ein zeitlicher Gestaltfaktor der Nähe. Wer auf den Effekt zu lange warten muss, reagiert unwillig bis verärgert.

7.3.4 Zusätzlicher Kommentar

Viele Abläufe - ob vorgegeben oder selbstgesteuert - sind nicht selbst-verständlich, sondern bedürfen eines zusätzlichen Kommentars.

In Untersuchungen fand man, dass der Lernvorteil von Bewegtbildern gegenüber Standbildern verschwindet, wenn die Standbilder von einem mündlichen Kommentar begleitet wurden (nach Wetzel, Radtke & Stern, 1994, 75/76). Offensichtlich fördert ein geeigneter Kommentar die Vorstellungen und macht damit die Darstellung der Bewegung überflüssig.

Wenn Bilder ausgewertet werden sollen - gleichgültig ob statisch oder bewegt - , sollte die sprachliche Information aus dem Off gesprochen werden (Mayer & Moreno, 1998). Zusätzlicher Schrifttext wirkt hingegen hinderlich, da der Betrachter zwischen beiden Darstellungsformen hin- und herspringen muss: Lesen und Betrachten schließen sich aus, da beide Augenbewegungen erfordern! Eine Richtlinie lautet also: Bildinformation mit mündlichen Kommentaren kombinieren.

Eine zweite Richtlinie zum mündlichen Kommentar ergibt sich aus einer Untersuchung, in der ein Baukasten mit seinen Teilen, ihren Bezeichnungen und deren Verwendung in einem Film eingeführt wurde

(Baggett, 1984). Während die visuelle Information immer gleich blieb, wurde die sprachliche Information verschieden platziert: Entweder gleichzeitig zum dazugehörigen Bild oder an verschiedenen Zeitpunkten davor und danach. Es zeigte sich, dass der gleichzeitige und der zeitlich einige Sekunden danach gesprochene Kommentar zum Bild die besten Lernergebnisse erbrachte. Offensichtlich braucht die visuelle Analyse ihre Zeit, die nicht durch sprachliche Informationen gestört werden darf.

8 Checkliste zur Evaluation von Text-Bild-Kombinationen

Es handelt sich bei dieser Liste um komplexe Fragen, deren Beantwortung theoretische Kenntnisse voraussetzt. Die Anwendung auf konkrete Bilder bzw. Text-Bild-Kombinationen macht auf mögliche Mängel in der Verwendung von Bildern aufmerksam.

Kommunikative Funktion

1. In welcher kommunikativen Funktion werden die Bilder verwendet? Sind verschiedene Bildtypen funktional eingesetzt?
2. Wird die Funktion der Bilder für die Betrachtenden durch sprachliche oder visuelle Mittel deutlich?
3. Verfügen die Adressaten über ausreichendes Vorwissen, um die Bildinhalte zu erkennen und zu verstehen? Ist das Umfeld des Bildausschnittes für die Betrachtenden rekonstruierbar?
4. Hat die Farbgestaltung eine kommunikative bzw. didaktische Funktion? Welche Emotionen und Assoziationen werden durch die Farben ausgelöst?
5. Wird auf einen einheitlichen ästhetischen Stil geachtet? Ist ein Corporate Design oder integrierte Kommunikation erkennbar?

Visuelle Organisation

6. Ist durch Berücksichtigung von Gestaltgesetzen auf den ersten Blick eine eindeutige und prägnante Organisation des Bildes gegeben?
7. Bildqualität: Sind einzelne Komponenten der Abbildung oder Visualisierung deutlich erkennbar und unterscheidbar?
8. Ist die Größe der Abbildung oder Visualisierung funktionsgerecht für eine globale Übersicht oder eine detaillierte Auswertung?
9. Ist die Bildkomplexität funktional? Sind keine unwichtigen und ablenkenden Details in der Abbildung oder Visualisierung?
10. Entspricht die Perspektive oder die Ansicht (Aufsicht, Seitenriss usw.) den Funktionen bzw. dem Lernziel des Bildes?

Bildliche Steuerungsmittel

11. Gibt es einen aufmerksamkeitserregenden Einstieg in das Bild durch einen Eye catcher oder eine grafische Hervorhebung?

12. Wird durch Anordnung oder grafische Mittel ein Blickpfad nahegelegt? Sind die Inhalte so angeordnet, dass sie in der richtigen bzw. erwünschten Reihenfolge aufgenommen werden?

13. Sind verwendete fach- oder kulturspezifische Darstellungskonventionen bekannt oder ausdrücklich eingeführt?

14. Werden die Mittel der Steuerung der Aufmerksamkeit in Gestaltung und Bedeutung konsistent eingesetzt (z.B. Pfeile, Bezugslinien, Lupen)?

15. Diagramme, Charts: Sind die Komponenten einer Visualisierung (Kästen, Balken, Spalten usw.) oder einer Abbildung eindeutig durch sprachliche oder visuelle Marken gekennzeichnet.

Text-Bild-Bezüge

16. Kodale Komplementarität: Werden Text und Bild ihren funktionalen Stärken entsprechend eingesetzt?

17. Bildet der Text oder das Bild den Leitkode, d. h. welches von beiden Zeichensystemen enthält die zentrale Information in einer Text-Bild-Kombination?

18. Gibt es eine konsistente Anordnung von Text und Bild (Horizontal- oder Vertikalverteilung, Text- und Bildspalte)?

19. Kontiguitätsprinzip: Sind Bild und Text nahe beieinander, damit die Blickbewegungen möglichst kurze Strecken aus dem Text in das Bild und umgekehrt zurücklegen müssen?

20. Gibt es ausdrückliche sprachliche Verweise vom Text ins Bild? Sind im Text Sehanleitungen für das Bild formuliert?

21. Konsistente Terminologie: Stimmen Benennungen im Text und Beschriftungen im Bild überein?

22. Wechselseitige Bestimmung: Gibt es im Text Unbestimmtheiten, die durch Informationen im Bild ausgefüllt werden? Gibt es im Bild Unbestimmtheiten, die durch Informationen im Text ausgefüllt werden?

9 Quellen: Literatur, URLs

Für diese Basislektüre wurden überarbeitete Textteile und Bilder aus den folgenden Publikationen des Autors verwendet:

Ballstaedt, St.-P. (1994). Text oder Bild? Das ist die Frage. *Tekom-Nachrichten*, 16 (1), 38-40.

Ballstaedt, St.-P. (1994). Kognitionspsychologische Richtlinien zur Gestaltung von Sicherheitspiktogrammen. In Brendl, E. (Hg.), *Produkt- und Produzentenhaftung. Handbuch für Produkt-Sicherheits-Controlling*. Freiburg/Br.: Haufe, 5/501-512.

Ballstaedt, St.-P. (1995). Bildverstehen und Sprache. In: B. Spillner (Hg.), Sprache: Verstehen und Verständlichkeit. *Forum Angewandte Linguistik*, Frankfurt/M.: Lang, 63-70.

Ballstaedt, St,-P. (1996). Bildverstehen, Bildverständlichkeit. Ein Forschungsüberblick unter Anwendungsperspektive. In H. P. Krings (Hg.), *Wissenschaftliche Grundlagen der technischen Kommunikation*. Forum für Fachsprachenforschung 32. Tübingen: Narr, 191-233.

Ballstaedt, St.-P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial.* Weinheim: Beltz, PsychologieVerlagsUnion.

Ballstaedt, St.-P. (1999). Die bildliche Darstellung von Handlungen in technischen Dokumenten. In C. Schwender (Hg.), *Zur Geschichte der Gebrauchsanleitung. Theorien - Methoden - Fakten.* Frankfurt am Main: Peter Lang, S. 67-94.

Ballstaedt, St.-P. (1999). Zur Verständlichkeit von technischen Bildern. In J. Hennig & M. Tjarks-Sobhani (Hg.), *Verständlichkeit und Nutzungsfreundlichkeit von technischer Dokumentation* (S. 89-100). Lübeck: Schmidt-Römhild.

Ballstaedt, St.-P. (1999). Texte visualisieren. In E.-M. Jakobs, D. Knorr, & Pogner, K.-H. (Hg.), *Textproduktion. Hypertext, Text, KonText*. Frankfurt am Main: Peter Lang, S.129-140.

Ballstaedt, St.-P. (2002). Schreibstrategien zum Medienwechsel: Text-Bild-Design. In D. Perrin, I. Böttcher, O. Kruse, & A. Wrobel (Hg). *Schreiben. Von intuitiven zu professionellen Schreibstrategien*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 139-150.

Ballstaedt, St.-P. (2002). Zur Lokalisierung von Bildern. In J. Hennig & M. Tjarks-Sobhani (Hg.), Lokalisierung von Technischer Dokumentation. Lübeck: Schmidt-Römhild, 196-207.

Ballstaedt, St.-P. (2004). Kognition und Wahrnehmung in der Informations- und Wissens-gesellschaft. Konsequenzen gesellschaftlicher Veränderungen für die Psyche. In Kübler, H.-D. & Elling, Elmar (Hg.), Die Wissensgesellschaft. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung. Online als PDF-Datei: www.bpb.de/files/HA65KC.pdf

Ballstaedt, St,-P. (2005). Instruktionale Bilder in der technischen Kommunikation. In Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Bildwissenschaft zwischen Reflexion und Anwendung. Köln: Herbert von Halem, S. 385-399.

Ballstaedt, St.-P. (2006). Interaktive und animierte Bilder: Nur Augenkitzel oder bessere Verständlichkeit. Technische Kommunikation. Fachzeitschrift für Technische Dokumentation und Informationsmanagemenent, 29 (2)

Ballstaedt, St.-P. & Hesse, F. (2000). In der visuellen Wende. In G. Dotzler (Hg.), Computer art faszination. Frankfurt am Main: dot-Verlag, 6- 9.

Ballstaedt, St.-P., Molitor, S. & Mandl, H. (1989). Wissen aus Text und Bild In: J. Groebel & P. Winterhoff-Spurk (Hg.), Empirische Medienpsychologie. München: PsychologieVerlagsUnion, S. 105-133.

Oestermeier, U., Reinhard-Hauck, P. & Ballstaedt, St.-P. (2001). Gelten die GRICEschen Maximen auch für visuelle Argumente? In: Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Bildhandeln. Interdisziplinäre Forschungen zur Pragmatik bildhafter Darstellungsformen. Magdeburg: Scriptum Verlag, S.207-221.

Grotstabel, Nicole, Ballstaedt, Steffen-Peter, Czichon, Sabrina, Hölscher, Alexia & Schönbrunn, Steffen (2003). Probleme mit sprachfreien Anleitungen. In J. Hennig & M.

Tjarks-Sobhani (Hg.), *Visualisierung in der Technischen Dokumentation*. Lübeck: Schmidt-Römhild, S. 101-113.

Weitere verwendete Literatur zur technischen Kommunikation:

Anglin, G.J., Towers, R.L. & Levie, W.H. (1996). Visual message design and learning: the role of static and dynamic illustrations. In D.H. Jonasson (Ed.), Handbook of research for educational communications and technology (pp. 755-794). New York: Simon & Schuster Macmillan.

Baggett, P. (1984). Role of temporal overlap of visual and auditory material in forming dual media associations. Journal of Educational Psychology, 76, 408-417.

Baggett, P. (1987). Learning a procedure from multimedia instructions: the effects of film and practice. Applied cognitive Psychology, 1, 183-195.

Bernard, R.M. (1990). Using extended captions to improve learning from instructional illustrations. British Journal of Educational Technology, 21, 215-225.

Burnett, Rebecca E. (1997).Technical communication. Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Cooper, L. A. & Shepard, R. N. (1985). Rotationen in der räumlichen Vorstellung. Spektrum der Wissenschaft, 8, 102-109.

Cunningham, S. & Hubbold, R.J. (1992). Interactive learning through visualization. Berlin: Springer.

Dress, Andreas & Jäger, Gottfried (Hg.).(1999). Visualisierung in Mathematik, Technik und Kunst. Grundlagen und Anwendungen. Braunschweig: Vieweg.

Drewniak, U (1992). Lernen mit Bildern in Texten. Münster/New York: Waxmann.

Ellis, Stephen R. (Ed.).(1993) Pictorial communication in virtual and real environments. London/Washington: Tylor & Francis.

Ferguson, Eugene S. (1993), Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs. Basel: Birkhäuser.

Flusser, Vilém (1992). Ins Universum technischer Bilder. Göttingen: European Photography.

Gombrich, Ernst (1984). Bild und Auge. Neue Studien zur Psychologie der bildlichen Darstellung. Stuttgart: Klett-Cotta.

Gombrich, Ernst (1989). Bildliche Anleitungen. In M. Schuster & B.P. Woschek (Hg.), Nonverbale Kommunikation durch Bilder. Stuttgart: verlag für Angewandte Psychologie, S. 123.-142.

Goodman, N. (1995). Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Göpferich, Susanne (1998). Interkulturelles Technical Writing. Fachliches adressatengerecht vermitteln. Ein Lehr- und Arbeitsbuch.Tübingen: Narr.

Harris, R.L. (1996). Information Graphics. A comprehensive illustrated reference. Visual tools for analyzing, managing, and communicating. Atlanta: Management Graphics.

Heidenreich, Stefan (2004). FlipFlop. Digitale Datenströme und die Kultur des 21. Jahrhunderts. München: Hanser.

Heidenreich, Stefan (2005). Neue Medien. In: Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Bildwissenschaft. Disziplinen, Themen, Methoden. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 381-392.

Heintz, Bettina & Huber, Jörg (Hg.).(2001). Mit den Augen denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten. Zürich: Edition Voldemeer/Wien: Springer.

Jansen, A. & Scharfe, W. (1999). Handbuch der Infografik. Visuelle Information in Publizistik, Werbung und Öffentlichkeitsarbeit. Berlin/Heidelberg: Springer.

Jonassen, D.H., Beissner, K. & Yacci, M. (1993). Strucural knowledge: Techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Knupfer, N.N. (1994). Computers and visual learning. In: D. M. Moore & F. M. Dwyer (Eds.), Visual literacy. A spectrum of visual learning (pp 209-231). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Kosslyn, St.M. (1994). Elements of graph design. New York: Freeman and Company.

Krämer, W. (1997). So lügt man mit Statistik. Frankfurt/New York: Campus.

Lewalter, D. (1997). Lernen mit Bildern und Animationen. Studie zum Einfluß von Lernermerkmalen auf die Effektivität von Illustrationen. Münster: Waxmann.

Lowe, R. K. (1998). Verarbeitungsanforderungen beim Verstehen komplexer animierter Bilder. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 12, 125-134.

Maar, Christa & Burda, Herbert (Hg.).(2004). Iconic Turn. Die neue Macht der Bilder. Köln: DuMont.

Mandl. H. & Fischer, F. (2000). Wissen sichtbar machen. Mapping-Techniken für das Wissensmanagement in Lern- und Kooperationsprozessen. Göttingen: Hogrefe.

Mayer, R. E. & Anderson, R. B. (1992). The instructive animation: helping students build connections between Words abd pictures in multimedia learning. Journal of Educational Psychology, 84, 444-452.

Mayer, R. E. & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: evidence for dual processing systems in working memory. Journal of Educational Psychology, 90, 312-320.

Mayer, Richard E. (2001). Multimedia Leraning. Cambridge: Cambridge University Press.

Müller, K.H. (1991). Symbole, Statistik, Computer, Design. Otto Neuraths Bildpädagogik im Computerzeitalter. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky.

Park, O. & Hopkins, R. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays: a review. Instructional Science, 22, 1-24.

Park, O. (1994). Dynamic visual displays in media-based instruction. Educational Technology, 34, 21-25.

Pieper, M. (1994). Computer-Animation. Inhalt, Ästhetik und Potential einer neuen Abbildungs-Technik. Regensburg: S. Roderer Verlag.

Rieber, L. & Kini, A. (1991). Theoretical foundations of instructional applications of computer-generated animated visuals. Journal of Computer-based Instruction, 18, 83-88.

Rieber, L. (1990). Animation in computer-based instruction. Educational Technology Research & Development, 38, 77-87.

Sachs-Hombach, Klaus (2003). Das Bild als kommunikatives Medium. Elemente einer allgemeinen Bildwissenschaft. Köln: Herbert von Halem Verlag

Salomon, G. (1979). Interaction of media, cognition, and learning. An exploration of how symbolic forms cultivate mental skills and affect knowledge acquisition. San Francisco: Jossey-Bass.

Salomon, G. (1980). The use of visual media in the service of enriching mental thought processes. Instructional Science, 9, 327-339.

Scheibel, Michael (2003). Hyperimage – Bild und Bildkompetenz im Internet. In Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Was ist Bildkompetenz? Studien zur Bildwissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, S. 131-153.

Schirra, J.R. (2005). Computervisualistik. In: Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Bildwissenschaft. Disziplinen, Themen, Methoden. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 268-280.

Schnotz, W., Böckheler, J., Grzondziel, H., Gärtner, I. & Wächter, M. (1998). Individuelles und kooperatives Lernen mit interaktiven animierten Bildern. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 12, 135-145.

Scholz, Martin (2001), Prinzip Hoffnung – Gestaltung technologischer Bilder. In: Klaus Sachs-Hombach (Hg.), Bildhandeln. Interdisziplinäre Forschungen zur Pragmatik bildhafter Darstellungsformen. Magdeburg: Scriptum Verlag, S.223-239.

Schuck-Wersig, Petra (1993). Expeditionen zum Bild. Beiträge zur Analyse des kulturellen Stellenwerts von Bildern. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Sheffield, F. D., Margolius, G.J. & Hoehn, A, J. (1961), Experiments on perceptual mediation in the learning of organizable sequences. In A.A. Lumsdaine (Ed,), Student response in programmed instruction (pp. 107-116). Washington, DC: national Academy of Sciendes, Notioanl Research Council.

Strothotte, Christine. & Strothotte, Thomas (1997). Seeing between the pixels. Pictures in interactive systems. Berlin: Springer.

Strothotte, Thomas (1998). Computational Visualization. Graphics, abstraction, and interactivity. Berlin: Springer.

Studeny, Michael (2005). Untersuchung über die Optimierung von Montageanleitungen durch den Einsatz geeigenter Abbildungstypen für die Darstellung von Handlungen. Winterthur: ZHW, unveröffentlichte Abschlussarbeit.

Sweller, John (1999). Instructional design in technical areas. Camberwell: Acer Press.

Weidenmann, B. (1988). Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern. Bern: Huber.

Weidenmann, B. (1994a). Lernen mit Bildmedien. Mit den Augen lernen, Bd. 1, hg. von H. Will. Weinheim/Basel: Beltz.

Weidenmann, B. (1994b). Informierende Bilder. In B. Weidenmann (Hg.), Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen. Bern; Huber, 9-57.

Weidenmann, B. (1997). Abbilder in Multimedia-Anwendungen. In Issing & Klimsa (Hg.), Information und Lernen mit Multimedia (S. 107-121). Weinheim: PsychologieVerlagsUnion.

Weidenmann, B. (Hg.).(1994). Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen. Bern: Huber.

Wetzel, C.D., Radtke, P.H. & Stern, H.W. (1994). Instructional effectivness of video media. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Winn, W. (1982). Visualization in learning and instruction: a cognitive approach. Educational Communication and Technology Journal, 30, 3-15.

Zavotka, S. L. (1987). Three-dimensional computer animated graphics: a tool for spatial skill instruction. Educational Technology Research & Development, 35, 133-144.

Zelasny, G. (1986). Wie aus Zahlen Bilder werden. Wirtschaftsdaten überzeugend präsentiert. Wiesbaden: Gabler.

Zieten, W: (1990). Gebrauchs- und Betriebsanleitungen. Direkt, wirksam, einfach, einleuchtend. Landsberg am Lech: verlag moderne industrie.

Zimmer, H.D. (1983). Sprache und Bildwahrnehmung: Die Repräsentation sprachlicher und visueller Informationen und deren Integration in der Wahrnehmung. Frankfurt: Haag & Herchen.

Webadressen

www.opennpar.org
Sammlung von nicht-fotorealistischen Computerbildern (NPAR = Non-Photorealistic Animation an Rendering)

www.page-online.de
Website der Zeitschrift „Page. Digitale Gestaltung & Medienproduktion“, Sie informiert über aktuelle Trends der digitalen Werbefotografie und Bildbearbeitung.